



**T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KONYA KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ
VE ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
ATIKSULARININ TOKSİKOLOJİK
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

HANDE ATMACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Aralık-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Hande ATMACA tarafından hazırlanan “Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi ve Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Toksikolojik Etkilerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 24/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr. ALİ TOR

.....

Danışman

Dr. Öğr.Üyesi SÜHEYLA TONGUR

.....

Üye

Prof.Dr. BİLGEHAN NAS

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

HANDE ATMACA

Tarih: 24.12.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KONYA KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ VE ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ATIKSULARININ TOKSİKOLOJİK ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Hande ATMACA

Konya Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Süheyla TONGUR

2021, 83 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Süheyla TONGUR

Günümüzde atıkların, atıksuların ve endüstriyel kimyasalların tehlike değerlendirilmesi için toksisite testleri sıklıkla kullanılmaktadır. Atıksu arıtma tesislerine gelen ham atıksudaki kirleticilerin tespit edilmesinin sebeplerinden biri de geleneksel atıksu arıtma teknolojileri tarafından tamamen giderilememesidir. Bu nedenle canlı organizma ve çevre kirliliği üzerinde olumsuz etkileri önlemek için atıksuların toksisite değerlendirmesi son derecede önemli olmaktadır. Atıksulardaki toksik etkilerin var olduğu ve bu etkilerin canlılara ve çevreye olası zararlı etkileri göz önüne alınarak, çalışmada atıksulardaki toksik etkilerin araştırılması ve etkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada, Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi (Konya Kentsel AAT) ve Konya Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi'nden (KOS AAT) giriş atıksu ve çıkış atıksu olmak üzere iki farklı atıksu numuneleri alınarak toksik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Atıksuların akut toksisitesi, sucul ve karasal ekosistemlerdeki farklı trofik seviyeleri temsil edebilmesi ve duyarlılık yönünden farklı olmaları nedeniyle su teresi olarak bilinen *Lepidium sativum*, zehirlilik seviyelerinin belirlenmesi için *Balık biyodeneyi* (ZSF) ve deniz bakterisi *Vibrio fischeri* biyoindikatörlerinin kullanıldığı toksisite testleri ile değerlendirilmiştir.

Sonuçta, *Lepidium sativum* toksisite testi sonucunda Konya Kentsel AAT ve KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri için kökte oluşan inhibisyonun gövdede oluşan inhibisyonundan fazla olduğu tespit edilmiştir. Konya Kentsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri kök için 'toksik' ve gövde için 'hafif toksik' olarak sınıflandırılmıştır. KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksuyunda toksik etki farkı az olup kök ve gövde için 'hafif toksik' olarak sınıflandırılmıştır. KOS AAT'den alınan giriş ve çıkış atıksuyuna *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite testinin uygulanması sonucunda ise, giriş atıksuyunun, çıkış atıksuyuna göre yüksek miktarda ağır metal ve kirletici madde içermesinden dolayı daha toksik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çıkış atıksuyunun, SSKY Tablo 19'a göre deşarj standartını sağladığı gözlemlenmiştir. *Vibrio fischeri* toksisite testinde, dört farklı atıksu numunesine aynı seyreltme oranları (%6.25, %12.5, %25, %50) uygulanarak farklı inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Konya Kentsel AAT'nin giriş atıksuyu 'toksik' ve çıkış atıksuyu 'toksik değil' olarak sınıflandırılmıştır. KOS AAT'nin giriş atıksuyu ise 'toksik' ve çıkış atıksuyu 'zayıf toksik' olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışmanın sonunda, atıksuların toksik açıdan değerlendirilmesinde, her üç testinde kullanılabilir olduğu, farklı atıksu karakterizasyonları için farklı hassasiyetler gözlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atıksu, Akut toksisite, *Balık biyodeneyi (ZSF)*, *Lepidium sativum*, Toksisite testleri, *Vibrio fischeri*



ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF TOXICOLOGICAL EFFECTS OF KONYA URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANT AND ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE WASTEWATERS

Hande ATMACA

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Environmental Engineering

Advisor: Asst. Prof.Dr. Süheyla TONGUR

2021, 83 Pages

Jury

Asst. Prof.Dr. Süheyla TONGUR

Nowadays, toxicity tests are frequently used for hazard assessment of waste, wastewater and industrial chemicals. One of the reasons for the detection of pollutants in influent is detected by that they cannot be completely removed by conventional wastewater treatment technologies. For this reason, toxicity assessments of wastewater is important due the prevention of their adverse affect on living organisms and environmental pollution. Considering that there are toxic effects in wastewater and the possible harmful effects of these effects on living things and the environment, it is aimed to investigate the toxic effects in wastewater and to reveal the effects.

In this study, influent and effluent samples were taken from Konya Urban Wastewater Treatment Plant (Konya Urban WWTP) and Konya Organized Industrial Zone Wastewater Treatment Plant (KOI WWTP) as two different wastewater samples to determine their toxic effects. Due to the their ability to represent different trophic levels in aquatic and terrestrial ecosystems, and their different sensitivity. *Lepidium sativum* (known as watercress), *Fish bioassay* (ZSF) was conducted to determine toxicity levels and marine bacteria *Vibrio fischeri* bioindicators were used in toxicity tests to evaluate acute toxicity of wastewater.

Consequently, according to *Lepidium sativum* toxicity test results it was determined that root inhibition is higher than hypocotyl inhibition in the influent and effluent of the Konya Urban WWTP and KOI WWTP. The influent and effluent samples of Konya Urban WWTP were classified as 'toxic' to root and 'less toxic' to hypocotyl. Toxic effect difference is between influent and effluent samples of KOI WWTP is less and it classified as 'less toxic' for roots and hypocotyl. As a result of applying *fish bioassay* (ZSF) toxicity test to influent and effluent samples of KOI WWTP, it was determined that influent is more toxic than effluent because it contains high amounts of heavy metals and pollutants. In addition, it was observed that the effluent sample meets the discharge standard according to SSKY Table 19. In the *Vibrio fischeri* toxicity test, the same dilution ratios (6.25%, 12.5%, 25%, 50%) were applied to four different wastewater samples and classified according to the toxic unit values corresponding to different inhibition percentages. Influent of Konya Urban WWTP was classified as 'toxic' and effluent as 'non-toxic'. Influent of KOI WWTP was classified as 'toxic' and effluent as 'less toxic'.

At the end of this study, it was concluded that all three tests can be applied in the toxic evaluation of wastewater, and different sensitivities that can be observed for different wastewater characterizations.

Keywords: Acute Toxicity, *Fish bioassay (ZSF)*, *Lepidium sativum*, Toxicity Tests, *Vibrio fischeri* Wastewater



ÖNSÖZ

Çalışmamda tüm bilgi ve birikimleriyle yardımcı olan ve katkılarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Süheyla TONGUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hem çalışmalarımda hem de iş hayatımda yapmış olduğu projeleri veengin bilgileri ile kendimi daha iyi geliştirmeme fırsat tanıyan ve büyük katkı sağlayan her zaman yol gösteren değerli Prof. Dr. Bilgehan NAS'a çok teşekkür ederim.

Çalışmamda deneylerimin yapılmasına katkı sağlayan, aynı zamanda lisans eğitimimde bitirme tezi öğrencisi olduğum ve bilgi ve birikimlerinden yararlandığım Dokuz Eylül Üniversitesi Prof. Dr. Delya SPONZA'ya, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ve son olarak maddi ve manevi, her daim yanımda olan her koşulda desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

HANDE ATMACA

KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi ile İlgili Genel Bilgiler	24
3.2. Konya Organize Sanayi Atıksu Arıtma Tesisi ile İlgili Genel Bilgiler	27
3.3. Atıksu Numunelerinin Alınması	34
3.4. Toksisite Test Metotları	35
3.4.1. <i>Lepidium sativum</i> toksisite testi.....	35
3.4.2. <i>Vibrio fischeri</i> toksisite testi	38
3.4.3. <i>Balık biyodeneyi (ZSF)</i> toksisite testi	39
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Atıksu Numunelerinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	41
4.2. Toksik Birim (TB) Değerlerinin Hesaplanması.....	46
4.3. <i>Lepidium sativum</i> Toksisite Test Sonuçları	47
4.4. <i>Vibrio fischeri</i> Toksisite Test Sonuçları	54
4.5. <i>Balık biyodeneyi (ZSF)</i> Toksisite Test Sonuçları	61
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	65
5.1. Sonuçlar	65
5.2. Öneriler	69
KAYNAKLAR	70
EKLER	76
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Cd: Kadminyum
Cr⁺⁶: Krom
ΣCr: Toplam krom
Cu: Bakır
Fe: Demir
F⁻: Florür
FeCl₃: Demir III klorür
Hg: Civa
H₂O₂: Hidrojen peroksit
NH₃-N: Amonyak azotu
NH₄-N: Amonyum azotu
Na: Sodyum
Ni: Nikel
Pb: Kurşun
pH: Çözeltildeki hidrojen iyonu konsantrasyonu
ppm: milyonda bir birim, derişim birimi
SO₄: Sülfat
Zn: Çinko

Kısaltmalar

AAT: Atıksu arıtma tesisi
A/O: Anoksik-oksik prosesi
A²O: Anarobik-anoksik-oksik prosesi
AKM: Askıda katı madde
BOİ: Biyolojik oksijen ihtiyacı
ÇO: Çözünmüş oksijen
EPA: Çevre Koruma Ajansı
EC₅₀: Test popülasyonunun %50'sini etkileyen konsantrasyon değeri
HRT: Hidrolik alıkonma süresi
IRR: Geri dönüşüm oranı
KAAY: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğı
KOİ: Kimyasal oksijen ihtiyacı
Konya Kentsel AAT: Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi
KOS AAT: Konya Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi
OSB: Organize sanayi bölgesi
PAH: Poliaromatik hidrokarbon
SBR: Ardışık kesikli reaktör
SKKY: Su Kirliliğı ve Kontrolü Yönetmeliğı
SKTR: Sürekli karıştırılmalı tank reaktörü
SRT: Çamur yaşı
TAKM: Toplam askıda katı madde
TB: Toksik birim
TKM: Toplam katı madde
TN: Toplam azot
TP: Toplam fosfor
ZSF: Zehirlilik seyrelme faktörü

1. GİRİŞ

Toksikoloji, zehir bilimi olarak tanımlanmaktadır. Canlı organizmalarda zararlı etki gösteren herhangi bir madde ise zehir olarak tanımlanmaktadır. Uygun dozda ve yolda alınmayan her madde zehir etkisi yaratabilir (Saygı, 2003). Canlı organizmalar tarafından kullanılan pek çok kimyasal ise, dışkı ve idrar yoluyla değişime uğramadan kanalizasyonlara verilmektedir. Bu konsantrasyonlar ise atıksu arıtma tesislerinin ham ve arıtılmış atıksularında, yüzey sularında (göller, nehirler, akarsular gibi) ve yeraltı sularında gözlemlenmekle beraber içme sularında da görülebilmektedir. Su kirliliğinin önde gelen nedenlerinden biri de çeşitli endüstrilerden gelen atıksuyun su kütlelerine ve diğer birçok ortama kontrolsüz bir şekilde salınmasıdır. Atıksu üretimi, ülke ekonomisinin gelişmesi ve genişlemesi için çoğunlukla hızla büyüyen sanayi sektöründen kaynaklanmaktadır (Zeyad ve ark., 2019). Analitik kimyadaki hızlı gelişmelere rağmen, atıksudaki tüm kirleticileri analiz etmek ve belirlemek, bazı sınırlamalar nedeniyle (örn. maliyet ve zaman) mümkün değildir (Valitalo ve ark., 2017).

Atıksu arıtma proseslerinin değerlendirilmesi ve optimizasyonu genellikle kirletici giderim verimliliğine dayanmaktadır. Fizikokimyasal parametreler, özellikle kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), atıksu arıtma tesislerinin (AAT) kirletici giderim verimliliğini değerlendirmek için kullanılır. Bununla birlikte, KOİ ve BOİ'nin sık izlenmesi nispeten pahalıdır ve zaman alıcıdır (Han ve ark., 2018).

AAT çıkış atıksularında artan sayıda zararlı kimyasal tespit edilmekte ve arıtılmış atıksuların deşarjının alıcı ortamlarda olumsuz çevresel etkilere yol açabileceğine dair güçlü belirtiler vardır (Valitalo ve ark., 2017). Su ortamındaki kirleticilerin tespit edilememesinin sebeplerinden biri ise konvansiyonel atıksu arıtma teknolojileri ile tamamen giderilememesidir. Bu nedenle canlı organizma ve çevre kirliliği üzerinde olumsuz etkileri önlemek için atıksuların ve kimyasalların toksisite değerlendirmesi son derecede önemli olmaktadır (Abbas ve ark., 2018).

Kompleks karışımlarda bilinmeyen ve genellikle belirlenemeyen maddelerin toksik etkileri veya bileşiklerin atıksulara olası sinerjik etkileri yalnızca toksisite testi ile

tespit edilebilir. Ek olarak, bazı durumlarda atıksuyun çıkış suyu kalitesi deşarj limitlerini ihlal etmese de, atıksu toksik olabilir (Sponza, 2003).

Toksisite testleri, kimyasalların nüfus, toplum ve ekosistemler üzerindeki zararlı etkileri tespit etmek ve tahmin etmek için kullanılır. Günümüzde atıkların, atıksuların ve endüstriyel kimyasalların tehlike değerlendirmesi için toksisite testlerinin gerekli olduğu açıktır (Aydın ve ark., 2015). Toksisite testleri; test türü üzerine atığın toksisitesini, atıksu arıtım teknolojilerinin etkisini, su hayatı için, atık toksisitesi üzerinde çevresel faktörlerin etkisini, su kirliliği kontrolü çalışmalarında gerekli arıtım derecesini ve izin verilebilir atıksu deşarj oranlarını belirlemek için kullanılmaktadır (Aydın ve Kara, 2006).

Çalışmada, Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi (Konya Kentsel AAT) giriş ve çıkış atıksuları ile Konya Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi (KOS AAT) giriş ve çıkış atıksularının karakterizasyonları ortaya konularak, toksikolojik etkileri belirlenmiştir. Çevreye verebileceği olumsuz etkilerin tespitini sağlamak amacıyla, farklı trofik seviyeleri temsil eden *Lepidium sativum*, *Balık biyodeneyi (ZSF)* ve *Vibrio fischeri* toksisite testleri kullanılmıştır. İki farklı karakterizasyona sahip atıksuların, alıcı ortam koşulları için toksisitesi belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan toksisite test yöntemlerinin bu atıksular için uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi, atıksularda toksisite konusunda yapılacak çalışmalar açısından önemlidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Barceló ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, atıksu ve içme suyu kimyasal kirleticilerin varlığına, bunların potansiyel toksikolojik etkilerine (hem insan sağlığı hem de alıcı ekosistem için) ve bunların giderilmesi için mevcut teknolojilere değinmişlerdir. Aynı zamanda kirleticilerle ilişkili toksisitenin azalmasıyla ilgili su arıtma teknolojilerinin performansını izlemek için biyoanalizlerin kullanım kolaylığını vurgulamayı amaçlamaktadırlar. Bununla birlikte, çeşitli türlerde bir dizi toksisite testi kullanarak farklı atıksu türleri (evsel atıksularının toksisitesi, farmasötik kalıntıları, hastane atıksularının toksisitesi, kentsel olmayan atıksu örneklerinin toksisitesi ve içme suyu arıtma) süreçlerini değerlendiren örneklere değinmişlerdir.

Gholami-Borujeni ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, Urmiye Evsel AAT atıksu toksisitesi, *Daphnia Magna* ile yapılan biyolojik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirmişlerdir. USEPA yöntemlerine göre akut toksisite testleri yapılmış ve Probit analizinin uygulanmasıyla %50 (EC₅₀) değeri ile 24, 48, 72 ve 96 saat ölümcül konsantrasyonları hesaplamışlardır. Ayrıca, atıksuyun fizikokimyasal parametreleri KOİ, BOİ₅, toplam katı madde (TKM) ve 24 saat-EC₅₀ arasındaki ilişki incelenmiştir. Maruz bırakılan bu saatler için akut toksik birimleri hesaplanmış ve ‘akut toksisite yoktur’ sonuçlarını ortaya çıkarmışlardır.

Yıldırım (2015) yaptıkları çalışmada, 3’ü hayvansal kaynaklı (Baytril-K, Clemipen-Strep ve Entervet) ve 3’ü insan kaynaklı (Klindan, Tetra ve Azro) olmak üzere 6 farklı antibiyotik türü kullanılmıştır. Farklı karakterizasyondaki numuneler için *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* ve *Lepidium sativum* toksisite testlerinin hassasiyetlerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, her üç toksisite testi farklı antibiyotikler için farklı hassasiyetleri gözlemlemişlerdir. En hassas değerlerin elde edildiği test yönteminin kullanılan test yöntemleri arasında *Vibrio fischeri* toksisite testinin olduğunu görmüşlerdir.

Tongur ve ark. (2019) yaptıkları çalışmanın amacı, reçetesiz veya reçeteli olarak satılabilen ve tüketimleri her geçen gün artan beta-blocker ve analjezik-antienflamatuvar grubu ilaçların laboratuvar koşullarında hazırlanan sentetik atıksularının akut toksisitelerinin belirlenmesidir. Çalışmada, kullanımları gitgide artan

ve bununla birlikte ilaç piyasasında kolaylıkla bulunabilen üç farklı ilaç grubunun toksisite testleri, *Lepidium sativum* ve *Daphnia magna* testleri kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan yöntemler arasında *Daphnia magna* toksisite testinin en hassas değerlerin elde edildiği yöntem olduğu görülmüştür. Analjeziklerden “Flurbiprofen” etken maddesi için 24 saat ve 48 saat sonraki değerler hesaplandığında toksik birim değerinin “çok toksik” olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlarda, farklı toksisite testlerinin hassasiyetlerinin de farklı olduğunu görmüşlerdir.

Aydın ve Kara (2006)’da yaptıkları çalışmada, Konya Birinci Organize Sanayi Bölgesinin giriş ve çıkış atıksularına 72 saat süren toksisite testleri uygulamışlardır. Atıksu numunelerinin zehirlilik seviyeleri, *Balık biyodeneyi (ZSF)* toksisite testi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca *Lepidium sativum* toksisite testi kullanılarak atıksu numunelerinin fitotoksik seviyeleri de belirlenmiştir. *Lepidium sativum* kullanılan testte, KOS AAT giriş atıksuyunda, çıkış atıksuyuna göre daha fazla çimlenme yüzdesi gözlemlenmiştir. KOS AAT giriş atıksuyu, çıkış atıksuyuna göre daha toksik olduğu görülmüştür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)’ne göre ZSF değerlerinin deşarj standart değerlerini sağladığı görülmüştür.

İleri ve Karaer (2011)’e göre, tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuların, fenton arıtma prosesi ile arıtılabilirliği araştırılmış ve *Daphnia magna* canlıları kullanılarak akut toksisite giderimini gözlemlenmiştir. Fenton prosesinde demir III klorür ($FeCl_3$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) dozajları ve uygun pH belirlenmiştir. Toksisite testinde ise *Daphnia magna* canlı organizması kullanılarak hem fenton prosesi ile arıtılmış atıksuda, hem de giriş atıksuyunda farklı seyreltme oranlarında toksisite izlemesi yapmışlardır. Yapılan çalışmanın sonunda, fenton prosesinin akut toksisite giderimine, olumlu katkıda bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Zhang ve ark. (2013)’e göre çalışmada, atıksuyun akut toksisitesini ve genotoksitesinin giderimini değerlendirmek için anoksik-oksik (A/O) prosesi kullanan üç evsel AAT seçmişlerdir. Akut toksisiteyi değerlendirmek için *zebra balığı (Danio rerio)* kullanılırken, genotoksiteyi tespit etmek için *mikronükleus (MN)* ve *kuyruklu yıldız* testlerini kullanmışlardır. Sonuçlar, bu süreçte, atıksudaki $KOİ < 50 mg/L$ azalmayla beraber akut toksisitenin giderildiğini göstermiştir. Bu çalışma, genotoksiteyi gidermek ve ekotoksikolojik riskini en aza indirmek için A/O prosesinden sonra atıksuyun daha fazla arıtılması gerektiğini göstermiştir.

Özcan ve Tongur (2019)'a göre, çalışmadaki amaç pestisit toksisitesinin araştırılması ve sonuçlarının değerlendirilerek çözüm önerilerinin sunulmasıdır. Toksisite seviyelerinin belirlenmesinde *Lepidium sativum* toksisite testi kullanılmıştır. Uygulanan *Lepidium sativum* toksisite testlerinde hem herbisit hem de insektisit için toksik birim sınıflandırılması sonucunda “çok toksik” olduğunu gözlemlemişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucunda *Lepidium sativum* toksisite testi deneylerinin sonuçları pestisit çeşitleri bakımından incelendiğinde herbisit diye adlandırılan pestisit, insektisit diye adlandırılan pestisite göre toksik etkinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Yu ve ark. (2014b)'a göre, çalışmadaki amaç farklı ham ve arıtılmış farmasötik atıksuların *Scenedesmus obliquus* algleri ve *Vibrio fischeri* bakterileri üzerindeki kirlilik parametrelerini ve toksisitelerini değerlendirmektir. Çin'deki 16 AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri olmak üzere toplam 32 farmasötik atıksu numunesi toplamışlardır. Tüm numuneler, su kalitesi parametreleri ile *S. obliquus* ve *V. fischeri*'ye karşı toksisiteler için analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarında, toplam askıda katı madde (TAKM), KOİ, amonyak azotu (NH₃-N) ve TP (toplam fosfor) arıtmadan sonra büyük ölçüde giderildiğini görmüşlerdir. 16 çıkış atıksu numunesinden 5'i, alg büyümesine (*S. obliquus*) hiçbir toksik etki göstermemiştir. Bununla birlikte, test edilen 16 atıksu örneğinden 10'u, akut toksisite deşarj limitini aşmıştır. Ve sonuçta *V.fischeri* testinin zamandan tasarruf sağladığını ve nispeten düşük toksisite seviyelerine sahip farmasötik atıksuları tespit etmekte daha hassas olduğunu görmüşlerdir. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış farmasötik atıksuların hızlı izlenmesi için *V. fischeri* testini önermişlerdir.

Aydın ve ark. (2015)'a göre, çalışmanın amacı, hassas, işletilmesi kolay, uygun maliyetli ve hayvan refahı nedeniyle balık toksisite testlerinin yerini alabilme avantajlarına sahip olan testleri belirlemektir. Endüstriyel atıksuların ekotoksikolojik değerlendirmesini yapmak için, sucul ve karasal ekosistemlerdeki farklı trofik seviyeleri temsil eden *Vibrio fischeri* (Mikrotox), *Thamnocephalus platyurus* (Thamnotox), *Daphnia magna* (Daphtox), *Lemna minor* ve *Lepidium sativum* aracılığıyla balık toksisite testi (*Lebistes reticulatus*) ile değiştirmek için farklı mikrobiyotestler gerçekleştirmişlerdir. *T. Platyurus* (Thamnotox), *D. magna* ve *L. Reticulatus* (balık toksisite testi), atıksular için incelenen en hassas test organizmalarıdır. Toksik birim değerleri dikkate alındığında genellikle atıksu numuneleri, *ThamnotoxFTM*, *Daphnia*

magna (DaphtoxFTM) ve balık toksisite testlerine göre toksik olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, bu iki testin, numune hacimleri, maliyetler ve iş yükü olarak değerlendirildiğinde balık testine göre avantajlı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu iki testin, balık toksisite testine göre SKKY tarafından kabul edilebilen, iyi bir alternatif olabileceği sonucuna varmışlardır.

Huang ve ark. (2010)'a göre, çalışmayı, evsel atıksuyunun toksisitesini gidermeyi değerlendirmek, anaerobik-anoksik-oksik (A^2/O) prosesinin işletim parametrelerini optimize etmek için yapmışlardır. Çalışma laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Ek olarak biyolojik arıtma prosesinin toksik şok direncini değerlendirmek için toluen eklenmiştir. Metotlar A^2/O sistemindeki her reaktörün giriş ve çıkış atıksuyunun toksisitesini değerlendirmek için ışıldayan bakteri (luminescence) biyo-deneyi kullanılmıştır. Toksisitenin azaltılması için optimum işletme parametre sonuçları aşağıdaki gibidir: Anaerobik hidrolik alıkonma süresi (HRT) = 2.8 saat, anoksik HRT = 2.8 saat, aerobik HRT = 6.9 saat, çamur yaşı (SRT) = 15 gün ve geri dönüşüm oranı (IRR) = % 100'dür. Bu koşullar altında, amonyum azotu (NH_4^+-N), $KOİ$ ve $BOİ_5$ 'in giderim verimleri sırasıyla %90, %80 ve %81.2 olduğunu gözlemlemişlerdir. Optimize edilmiş A^2/O prosesinde, giriş atıksuyunda toluen konsantrasyonu 120.7 mg/L olduğunda bile toksisite giderimi (%) gözlemlemişlerdir. Sonuçlar, A^2/O prosesinin, toksik şok yükü altında evsel atıksuyunun toksisitesini gidermek için kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Tongur ve Yıldız (2020)'a göre, çalışmada anti-epileptik farmasötiklerde düzenli olarak kullanılan karbamazepinin akut toksisitesi, farklı trofik seviyeleri temsil eden *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* ve *Lepidium sativum* toksisite test yöntemlerini kullanarak araştırmışlardır. Toksik birim (TB) değerlerini, hesaplanan EC_{50} değerlerine göre belirlemişlerdir. Test sonuçlarında toksik birim; *Lepidium sativum* için 1.05, *Daphnia magna* için 10.49 ve *Vibrio fischeri* için 2.7 olarak hesaplamışlardır. TB değerlerine göre duyarlılıklar sırasıyla *Daphnia magna* > *Vibrio fischeri* > *Lepidium sativum* olarak ifade edilmektedir. En hassas değerler ise, *Daphnia magna* toksisite test yönteminden elde edilmiştir. Bu sonuçlar, ilacın toksik etkileri olduğunu göstermiştir.

Persoone (2010)'e göre bu çalışma toxkit mikrobiyotestlerin hassasiyeti, uygulama alanları, saha testleri ile ilgili kapsamlı bilgiler araştırılmıştır. Testler ile ilgili bilinmesi gerekenleri anlatan önemli bir çalışmadır. Blasie göre, bir mikrobiyotest;

uygun maliyetli, yoğun iş yükü gerektirmeyen, bakımı kolay, düşük numune hacimleri ve düşük maliyetli sarf malzemelerinden yararlanılması gibi özelliklere sahip olmalıdır. Bunun sonucunda Belçika'daki Ghent Üniversitesi'nde "Toxkits microbiotests" adı verilen "kültür bakım gerektirmeyen" mikrobiyotestler geliştirilmiştir. Toxkit mikrobiyotestleri kimyasal bileşikler, farmasötik bileşikler, yüzey suları, tortular, yeraltı suları, atıksular, çamurlar, katı atıklar, çöp sızıntı suları vs. alanlarda uygulanmaktadır. Testler ile ilgili bir başka önemli nokta ise, laboratuvarından uzak yerlerde su numunelerinin toksisitesinin acilen değerlendirilmesi gereken ve bu nedenle "saha testleri" nin gerekli olduğu birçok durum vardır. Düşük maliyetli saha testlerinin performansı için gerekli tüm malzeme ve ekipman, küçük ve hafif bir "Lüminesans Ölçüm Çantası" na dahil edilmiştir.

Valitalo ve ark. (2017)'a göre, atıksular, alıcı ortamda olumsuz toksik etkilere neden olabilen karışık kimyasal maddeleri içerir. Bu çalışmada, yedi evsel AAT'de atıksu arıtımı sırasında toksisite giderimi, etki temelli bir yaklaşım kullanılarak incelenmiştir. Sitotoksosite, genotoksosite, endokrin bozulma ve balık embriyo toksisite deneylerinden oluşan sekiz biyo-deneyden oluşan bir dizi set uygulanmıştır. İnsan hücre bazlı CALUX testleri, transgenik larva modelleri ve balık embriyo toksisite testinin, AAT atıksularına özellikle duyarlı olduğu görülmüştür. Sonuçlar, atıksu arıtımı sırasında etkilerin önemli ölçüde azaldığını veya tamamen giderildiğini (%76-100) gösterirken, çıkış atıksularında embriyo toksisitesi, östrojenik aktivite ve tiroid bozulmasının hala tespit edilebildiğini ve arıtmadan sonra bazı zararlı maddelerin kaldığını düşündürdüğünü göstermektedir. Ek olarak, balık embriyosu toksisite testi ve endokrin bozucu etkiler için transgenik larva modelleri, hemen hemen tüm çıkış atıksu numunelerinde düşük numune konsantrasyonlarında yüksek yanıt vermiştir. Arıtma tesislerinin toksisite giderme verimliliklerinde önemli bir farkın olmadığını ve proses konfigürasyonu veya SRT gibi AAT özellikleriyle hiçbir korelasyon gözlenmemiştir. Sonuçlar, incelenen tüm AAT'ler arasında benzer bir etki modeli göstermiş ve bu da atıksu kompozisyonunun farklı yerlerde oldukça benzer olabileceğini göstermiştir.

Abbas ve ark. (2018)'a göre bakteri hücre bazlı biyoanalizler, daha duyarlı olmaları ve daha kolay uygulanabilmelerinin yanı sıra, daha az operasyonel maliyet ve süre ile birlikte tercih edilmektedir. Bakteriyel biyolüminesan tahlil 1969'da tanıtılmış ve daha sonra enzimatik biyolüminesan tekniğine dönüştürülmüştür. Şu anda, *Vibrio*

harvey, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas leiognathi* ve *Vibrio fischeri* gibi doğal biyoluminesan bakterilerin kullanıldığı biyoanalizler toksisite testi için yaygın olarak kullanılmaktadır. *Vibrio fischeri* aynı zamanda Alman bakteriyolog Bernhard Fischer'in adını taşıyan (*Photobacterium fischeri*) olarak da bilinir, subtropikal ve ılıman deniz ortamlarında her yerde bulunan, gram negatif, çubuk şeklinde, kamçılı, patojenik olmayan bir bakteridir. Biyoluminesence inhibisyon testlerinin pek çok uygulama alanları vardır. Bunlar; antibiyotikler, atmosferik kirleticiler, pestisitler ve böcek öldürücüler, endüstriyel çıkış atıksuları vs. gibi pek çok uygulandığı alanlar vardır. Biyotest, ayrıca uygulama kolaylığı, güvenilirlik, tekrarlanabilirlik ve yüksek hassasiyet ile karakterize edilmektedir. Sonuç olarak, biyoluminesence inhibisyon testleri; bitkiler, algler, daphnids, balık ve kabuklu canlı organizmalarına göre daha çok tercih edilmektedir. Birkaç araştırmacı, toksisite değerlendirmesi için kullanılan diğer biyoanalizlerle karşılaştırıldığında, biyoluminesence inhibisyon testlerinin daha hassas test olarak onaylamıştır.

Hernando ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada, atıksu arıtımının izlenmesi için toksisite testlerinin faydası ve geçerliliği değerlendirilmiştir. Değerlendirilen akut toksisite testleri *Vibrio fischeri*, *Selenastrum capricornotum* ve *Daphnia magna* testleri olmuştur. Atıksulardaki kimyasalların birleşik etkilerini değerlendirmek için toksisite testinin kapasitesini gösteren sinerjik, katkı maddesi veya antagonistik etkiler değerlendirilmiştir. Toksisite ve kimyasal analizleri karşılaştırmak için toplam organik karbon (TOC) ölçümleri değerlendirilmiştir. Hem toksisite hem de TOC sonuçlarını dikkate alındığında, hiçbir korelasyonun kurulmadığını gözlemlenmiştir. Toksik etkilere karşılık gelen TOC seviyeleri (*D. magna* ve *S. capricornotum* testleri için) 86 ila 135 mg/L arasında değişmiştir. Ancak kılavuzlara göre izin verilen TOC seviyelerine (20 ila 34 mg/L arasında) göre toksiktir. Bu nedenle, TOC gibi kimyasal parametreler, biyolojik etkiler veya sucul ekosistemler üzerindeki etki hakkında gerçek bilgileri sunmamaktadır.

A. M. Deshpande ve Satyanarayan (2011)'e göre çalışmada, ilaç endüstrisi atıksuyunun elektrokimyasal arıtımından önce ve sonra *Lebistes reticulatus* balığı üzerindeki toksik etkileri laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Sonuçlar, atıksuyun renk, KOİ ve BOİ açısından çok güçlü olduğunu, deneyde kullanılan balıklar için çok toksik olduğunu göstermiştir. Ham atıksu için ve karbon ve alüminyum elektrotlarla

elektrokimyasal işlemden sonra 24, 48, 72 ve 96 saat için EC_{50} değerleri sırasıyla %2.5-3.6, %6.8-8.0 ve %5.0-5.8 arasında değişmiştir. Karbon elektrot, toksisite için alüminyum elektrottan daha iyi giderim göstermiştir. Çalışmalardan, elektrokimyasal işlemin, her iki elektrot tarafından gösterilen giderim verimliliği ile orantılı olarak toksisiteyi azalttığı görülmüştür. İşlemden sonra toksisitede azalma, üretilen ara ürünlerin ana bileşiklerden toksik olmadığını göstermiştir. Ayrıca, elektrokimyasal arıtma prosesinin, deşarj standartlarını sağlayamadığından, yalnızca bir ön arıtma olarak kullanılabilirliği gözlemlenmiştir ve atıksuyun, nihai bertarafından önce daha fazla ikincil arıtmaya ihtiyaç duyduğu görülmüştür.

Gök ve Sponza (2010) yaptıkları çalışmada, Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından öncelikli kirleticiler listesinde belirtilen 15 adet poliaromatik hidrokarbonun (PAH) petrokimya endüstrisi atıksularının toksisitenin giderilmesi ve aerobik sürekli karıştırmalı bir tank reaktörde (SKTR) arıtma giderim verimliliğini araştırmışlardır. PAH'ların toksisitelerinin tespiti için NRRL-B-11177 dondurulmuş özel bakteri türü olan *Vibrio fischeri* test yöntemi kullanılmıştır. Ham atıksuyu %50 inhibisyon değerine eşdeğer PAH'a ait EC_{50} konsantrasyonu 50.65 ng/mL iken arıtılmış atıksuyunda toplam PAH konsantrasyonu 5.25 ng/mL olarak tespit edilmiştir. PAH EC_{50} konsantrasyonu baz alınarak yapılan toksisite testinde, toksisite giderim verimi %90 olarak tespit edilmiştir. Ham atıksuyunda %50 inhibisyon değerine eşdeğer KOİ EC_{50} konsantrasyonu 820 mg/L iken arıtılmış atıksuyunda KOİ EC_{50} konsantrasyonu 68.5 mg/L olarak tespit edilmiştir. KOİ EC_{50} konsantrasyonu baz alınarak yapılan toksisite testinde, toksisite giderim verimi %92 olarak tespit edilmiştir.

Yu ve ark. (2019)'a göre, yapılan çalışmada, toksisite analizlerine dayalı olarak 12 sanayi sitesi AAT'lerinde atıksuyun toksisite azalmasını karşılaştırmaktadır. Bütün AAT'lerin giriş atıksuları yüksek toksisite içerirken, incelenen atıksu arıtma tesislerinin 7'sinin arıtılmasından sonra önemli ölçüde toksisitenin azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, beş AAT'nin çıkış atıksuların da giriş atıksularına kıyasla bir veya daha fazla toksik son noktada daha yüksek toksisiteye neden olmuştur. Bu çalışma aynı zamanda A^2/O prosesinin, atıksu toksisitesinde iyi arıtma verimliliğine sahip olduğunu, ardışık kesikli reaktör (SBR) proseslerinin ise en düşük giderim verimliliğine sahip olduğu görülmüştür. *Euglena gracilis*, *Tetrahymena thermophila* ve *Daphnia magna* ise, atıksu örnekleri akut toksisitesi belirlemek için uygulanmıştır. 3 farklı toksisite testi için,

incelenen atıksu arıtma tesislerinde farklı etkiler gözlemlenmiştir. Bu da farklı trofik seviyelerde seri testlerinin gerekli olduğunu göstermektedir.

Chavan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, ön arıtma öncesi ve sonrası atıksuyun toksisitesi, fizikokimyasal parametreler ve OCP (organoklor pestisit) konsantrasyonunun analizi ile *Lebistus retikulat* balık biyodeneyi kullanılarak kontrol edilmiştir. Pestisitlerin formülasyon sürecinde ortaya çıkan ham atıksu, fizikokimyasal karakterizasyonundan dolayı oldukça güçlüdür. Pestisit endüstrisi arıtılmış atıksu deşarjı için CPCB tarafından öngörülen standart değerlerden daha yüksek OCP konsantrasyonu (0.587 mg/L) tespit edilmiştir. Ayrıca biyoanaliz testi, %100 arıtılmış atıksu içinde 96 saat sonra balıkların %75 hayatta kalmasını sağlamıştır. Bu oran, 96 saat sonra balıkların %90 oranında hayatta kalmasını bekleyen öngörülen standarttan daha azdır. Ham ve arıtılmış atıksu için EC_{50} değerleri, atıksu ve arıtılmış atıksuyun toksik yapısını gösteren geniş bir varyasyon göstermemiştir. Sonuçta, ham atıksuyun *Lebistus reticulata* balığı için çok toksik olduğu görülmüştür ve yapılan ön arıtma toksisiteyi bir dereceye kadar azaltmıştır. Ancak öngörülen deşarj standart değerini aştığı görülmüştür. Bu nedenle çalışma, atıksuların deşarj standartlarına getirilmesi ve yüzey sularına bertarafı için güvenli hale getirilmesi için ön arıtma sistemlerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Rodríguez-Loaiza ve ark. (2016)'da yaptıkları çalışmada, et yan ürünleri işleme tesisinden gelen atıksuyun toksisitesi, SBR prosesi kullanılarak arıtmadan önce ve sonra olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada iki tür atıksu incelenmiştir. İlki, araçların, ekipmanların, varillerin ve et ürünleri içeren paketlerin yıkanmasından elde edilen su, ikincisi, hammaddelerin küspe haline getirilmesi sırasında oluşan yoğunlaşma suyudur. Toksisite testi, deniz bakterisi *Vibrio fischeri* kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar, arıtmadan önceki atıksuyun toksik olduğunu ($EC_{50} < \%60$), ancak arıtım sonrası arıtılmış atıksuyun düşük toksisite ($EC_{50} > \%82$) olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, SBR prosesinin organik madde ve nitrojen gideriminde ve dolayısıyla arıtılmış atıksudaki toksisiteyi azaltmada etkili olduğu düşünülmüştür.

Babic ve ark. (2019)'da yaptıkları çalışmanın amacı, ham zeytin değirmeni atıksuyu (OMW)'nın toksik potansiyelini ve polar fraksiyonunu değerlendirmek için bir dizi organizma kullanılarak çeşitli biyolojik organizasyon seviyeleri, farklı trofik seviye ve farklı hassasiyetleri dikkate alınarak etkilerini incelemektir. Polar fraksiyon, ham

OMW numunesinin katı faz ekstraksiyonu (SPE) ile elde edilmiştir. Ham OMW numuneleri ve bunların polar fraksiyonu ile beş farklı akut ve sub-akut toksisite testi gerçekleştirilmiştir: 1) Deniz bakterisi *Vibrio fischeri* üzerinde biyoluminesans testi, 2) Tatlı su yosunu *Chlorella vulgaris* kullanılarak alg büyümesi inhibisyon testi, 3) *Trifolium repens* ve *Triticum aestivum* kullanılarak çimlenme tohumu testi, 4) *Daphnia magna* akut immobilizasyon testi, 5) Zebra balığı *Danio rerio* ile balık embriyosu toksisite testidir. Elde edilen değerler, ham OMW, polar fraksiyona kıyasla tüm organizmalar için 2.75–4.11 kat daha toksik olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek toksik etki, *Vibrio fischeri* üzerinde gözlemlenmiştir. Çimlenme testlerindeki polar fraksiyon, herhangi bir önemli toksik etkiye neden olmamıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler, ham OMW ve onun polar fraksiyonunun sadece mikroorganizmalar için değil aynı zamanda bitkiler, omurgasızlar ve omurgalılar için de oldukça toksik olduğunu göstermiştir.

Erbe ve ark. (2011)' de yaptıkları çalışmada Parana/Brezilya bölgesinde bulunan hastane atık depolama sahasının yakınındaki nehir ve gölden alınan su örneklerinin fizikokimyasal parametrelere göre analizini ve su toksisitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan türler olan *Vibrio fischeri* ve *Daphnia magna* kullanarak ekotoksikite biyoanalizlerini gerçekleştirmişlerdir. Alüminyum, manganez, BOİ, sülfür, iletkenlik, fenol, toplam koliformlar ve *Escherichia coli* sayımlarını içeren parametreler, çevre mevzuatında belirlenen deşarj limitlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Kontrol numunesinin *Vibrio fischeri* bakterisi üzerinde %50'den daha az lüminesans inhibisyonu gösterdiği ve *Daphnia magna*'da canlıların hareketsizliğine neden olmadığı, bu durumun ise nehir ve göl suyunun toksisitesinin olmadığını göstermiştir.

Castro ve ark. (2019)'da yaptıkları çalışmada, tekstil endüstrisi atıksularının arıtmadan önce ve sonra alınan arıtılmış atıksu numunelerinin toksisitesini değerlendirmek için sucül türlerle biyoanalizler kullanılmıştır. Tekstil atıksuyu fiziksel, biyolojik ve kimyasal arıtma prosesler ile arıtılmaktadır. Tekstil üretiminin, boyama ve terbiye işlemlerinden kaynaklanan atıklar oldukça değişkendir. Boyalar ve pigmentler, tuzlar, metaller, biyositler, yüzey aktif maddeler ve diğer birçok organik ve inorganik bileşen gibi karmaşık bir toksik madde karışımı içerir. Bu nedenle toksik etkiler, farklı trofik seviyeleri temsil etmek için *Raphidocelis subcapitata*, *Lemna minör*, *Aliivibrio fischeri* ve *Daphnia magna* olmak üzere dört organizma kullanılarak test edilmiştir.

Ekotoksikolojik veriler, ham tekstil atıksuyunun çok toksik olduğunu doğrulamış ve *Aliivibrio fischeri* organizmasının en hassas olduğu gözlemlenmiştir. Tekstil endüstrisi arıtılmış atıksuyun toksisitesi azalmış olsa da *Daphnia magna*'ya ölümcül olmayan toksisite gözlemlenmiştir. Sonuçlar, çevreye karşı olumsuz etkileri önlemek için arıtılmış atıksuların toksisitesinin sürekli izlenmesi için biyoanalizlerin önemini vurgulamıştır.

Sponza (2006)'da yaptığı çalışmada, alıcı ortam ekosistemlerini korumak için akut toksisite parametrelerinin Türk Çevre Yönetmeliğine dahil edilmesini vurgulayarak kimyasal boya üretim endüstrisinden kaynaklanan atıksuyun toksisitesini değerlendirmiştir. Bu çalışma aracılığıyla, test organizmalarında akut toksisitenin nedeni olarak krom (Cr^{+6}), renk, kadminyum (Cd^{+2}), çinko (Zn^{+2}), demir (Fe^{+3}), kurşun (Pb^{+2}) ve toplam hidrokarbonu doğrulamak ve belirlemek için kimyasal analiz sonuçları belirlenmiş ve geleneksel toksisite testi sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Atıksuların toksisitesi, dört farklı trofik seviyeyi belirtmek için, *Protozoa (Vorticella campanula)*, *alg (Chlorella vulgaris)*, *balık (Poecilia reticulat)* ve bakteriler (koliform- *Esherichia coli* ve *floc- Zoogloea ramigera*) kullanılmıştır. Kimyasal boya üretim endüstrisindeki akut testler, arıtılmış atıksudaki protozoa ve algler için EC_{50} (%) değerinin genellikle %80 ile %100 arasında, balık toksisite testi için %0.2 ile %100 arasında, bakteriyel toksisite testi sonuçlarının, atıksulardaki koliformlar için %0.02 ve %100 ve flok bakterileri için %0.07 ve %100 olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Kimyasal boya üretim endüstrisi arıtılmış atıksuları üzerindeki akut toksisite testlerinde uygulanan mikroorganizmalardan, bakteri ve balıkların en hassas organizmalar olduğunu göstermiştir (en düşük EC_{50} değerleri sırasıyla %0.02 ve %0.2 idi). Sonuçta kimyasal boya üretimi için, akut toksisite testlerinden bakteri ve balığın en hassas organizmalar olduğunu göstermiştir. Ve toksisite testlerinin risk değerlendirmesi için önemli olduğuna ve alıcı ortam deşarj standartlarına dahil edilmesinin oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır.

Sponza (2003)'te yaptığı çalışmada ızgara ünitesi, dengeleme havuzu, ön çökeltme havuzu, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma (aerobik aktif çamur sistemi) ve son çökeltme havuzu üniteleri ile arıtılan kâğıt sanayinin (kâğıt hamuru) atıksularının toksikolojik etkilerinin belirlenmesi için biyoanalizler kullanılmıştır. Ve çalışmada 4 farklı trofik seviyeyi temsil eden *Protozoa (Vorticella sp.)*, *Yosun (Chlorella sp.)*, *balık*

(*Lepistes sp.5santimetre*) ve bakteriler (koliform ve flok bakterileri) kullanılmıştır. Protozoalar dışındaki tüm akut toksisite testleri pozitif sonuçlar vermiştir. En yüksek hassasiyeti bakteriler, algler ve balıklar tarafından sergilenmiştir. Protozoanın hassas olmadığı görülmüştür. Sonuçta, kâğıt endüstrisi atıksularında toksisite belirlenmiştir ve bunun sebebinin, atıksulardaki biyolojik olarak yavaşça parçalanabilen veya inert KOİ miktarının fazla olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle arıtma tesislerinde ileri arıtma teknolojilerinin uygulanması ile toksisitenin azaltılması ve böylece alıcı ortamdaki toksisitenin önlenmesi gerektiği ayrıca su ekosistemlerine endüstriyel atıksu deşarjlarının kontrolü için umut verici yöntemler olarak bakteri, balık ve alg toksisite testlerinin geliştirilebilir olduğu vurgulanmıştır.

Farre ve ark. (2008)' de yaptıkları çalışmada, Llobregat ve Ebro nehirleri (İspanya) boyunca yer alan sekiz evsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksulara karşılık gelen 45 numunenin *Vibrio fischeri* karşı toksisiteyi değerlendirilmiş ve triklosan ve metil triklosan konsantrasyonları gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ile analiz edilmiştir. Triklosan ve metil triklosan konsantrasyonları ile akut toksisite aralığı arasında iyi bir uyum bulunmuştur. Ek olarak, triklosan ve LAS (alkil benzen sülfonat) arasında güçlü bir sinerjik etki gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, diğer yüzey aktif maddeler veya bozunma ürünleri ile hiçbir sinerjistik veya antagonistik etki gözlemlenmemiştir. Bu çalışmada analiz edilen 45 örnekte triklosan ve metil triklosan mevcut olup, bu bileşiklerin atıksu arıtma işlemi sırasında tamamen giderilmediği vurgulanmıştır.

Yu ve ark. (2014a) yaptıkları çalışmada, antibiyotik AAT'nin her arıtma ünitesinden alınan antibiyotik atıksuyunun konvansiyonel parametreleri ve *Vibrio fischeri* akut toksisite testi kullanılarak araştırılmıştır. Antibiyotik AAT, Çin'in Shijiazhuang Şehrinde bulunmaktadır ve günlük 25 ton penisilin (P.G) ve 10 ton oksitetrasiklin (OTC) üretimi olan ve 10,000 m³ atıksu üreten bir ilaç üreticisinden atıksu numuneleri alınmıştır. Atıksu arıtma prosesi, hidroliz/asitleştirme prosesleri, SBR prosesi ve aerobik biyofilm reaktör proseslerinden oluşmaktadır. Akut toksisite testi sonuçları, ham atıksu numunelerinin oldukça toksik olduğunu ve arıtma prosesinde atıksu toksisitesinin azaldığını göstermiştir. Mevcut çalışmada, hem P.G hem de OTC'nin giderim verimliliği %99.9'un üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. P.G ve OTC'nin yaklaşık %75'i hidroliz/asitleştirme prosesi ile giderilmiştir. Aerobik biyofilm

reaktörü, %95.8'lik giderim verimliliği ile P.G'nin giderilmesinde en önemli rolü oynarken, SBR ise OTC'nin giderilmesinde %85.2 giderim verimliliği ile en önemli rolü oynamıştır. Hidroliz/asitleştirme proseslerinden sonra antibiyotik atıksuyunun akut toksisitesi biraz azalmıştır. Ağır metaller gibi toksik maddeler kısmen giderilse bile hidroliz/asitleştirme prosesi sırasında daha kalıcı ve toksik antibiyotik yan ürünler meydana gelebilmektedir bu yüzden araştırmacılar, toksisitenin anaerobik arıtma ile azalmadığını ve hatta bazı durumlarda artabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ise, insan faaliyetleri ve tüketimlerinden kaynaklı olarak çevreye ulaşan en önemli ilaç kaynağının farmasötik atıksu olabileceğini öne sürülmüştür.

Han ve ark. (2018)'te yaptıkları çalışmada, evsel atıksuların arıtılmasında fizikokimyasal ve spektroskopik ölçümler yaparak üç tür modifiye aktif çamur prosesinin, yani A/O, A²/O ve oksidasyon hendek prosesinin arıtma performansını araştırılmıştır. Atıksu örneklerinin spektroskopik ve fizikokimyasal parametreleri arasındaki ilişkiler ve *Caenorhabditis elegans* biyoanalizlerinin evsel atıksuyunun toksik özelliklerinin değerlendirilmesi için uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Sonuçlar, A/O, A²/O ve oksidasyon hendek proseslerinden herhangi birini kullanan evsel AAT'lerin BOİ, KOİ, nitrojen ve fosfor dahil olmak üzere atıksu kirleticilerinin deşarjını etkili bir şekilde kontrol edebileceğini göstermiştir. Oksidasyon hendek prosesi, tirozin benzeri maddeleri giderme avantajına sahip olduğu ve triptofan benzeri floresan (peak T) maddelerin A/O ve A²/O işlemlerinden biraz daha iyi giderim verimliliğine sahip olduğunu göstermiştir.

M. Gutierrez ve ark. (2002)'de yaptıkları çalışmada, toksisite tayini için Microtox® ve elektrolitik respirometri karşılaştırmalı çalışması yapılmıştır. Microtox®, atıksu arıtma tesislerine deşarj edilen atıksuların toksisitesinin belirlenmesi için sık kullanılan bir toksisite aracıdır. Respirometri testinde ölçülen solunum hızı ise, aktif çamur prosesinin kontrolünde kullanımı için çok ilgi uyandıran bir değişkendir. Her iki yöntemi karşılaştırmak için yedi organik ve beş inorganik toksik bileşik değerlendirilmiştir. Microtox® toksik maddelere karşı daha yüksek bir duyarlılığa sahip olduğunu kanıtlamış, ancak respirometriye kıyasla aktif çamur üzerindeki etkileri daha az temsil etmiştir. Örneğin, biyolojik olarak parçalanabilen bir referans yüzey aktif madde olan LAS ile gerçekleştirilen testler, Microtox® tarafından toksik bir etki gösterirken, respirometride toksisite göstermemiştir. Bu durum, Microtox® deniz suyu

Vibrio fischeri kullanırken, respirometri aktif çamurda bakteri konsorsiyumunu kullandığından, kullanılan biyolojik materyalin farklı doğasıyla açıklandığı belirtilmiştir. Elektrolitik respirometri inhibisyon testinin toksisiteyi değerlendirmek için güvenilir ve hızlı bir yöntem olduğu bulunmuştur. Ancak kullanılan sentetik çamurun ya da evsel aktif çamurun potansiyel kullanımı, gerçek aktif çamurla beslenen testler için daha fazla değişkenlik gösterdiği değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda evsel atıksu arıtma tesisinden alınan atıksu numunesindeki bileşiğin potansiyel toksisitesinin değerlendirilmesi için, tercih edilen biyolojik malzeme aktif çamurun kendisi olması ve başka herhangi bir biyolojik materyal ile elde edilen sonuçların, gerçeğe sadece bir yaklaşım olacağı kanısına varılmıştır.

Kaur ve Dua (2015)'de yaptıkları çalışmada, Hindistan'ın Pencap eyaletindeki Tung Dhab drenajının 1. ve 2. alanlarından gelen atıksuyun, kontrol grubuna kıyasla balık davranışı, morfolojisi ve solungaç histopatolojik biyobelirteçleri üzerindeki toksik etkisini değerlendirmişlerdir. İki bölgeden, birincisi kâğıt fabrikasının yakınında ve ikinci seçilen alan ise Tung Dhab kanalının Mahal Köyü yakınlarında seçilmiştir. Drenaj alanı boyunca henüz hiçbir arıtma tesisi kurulmadığından, drenajdaki kirlilik seviyesi son derece yüksektir. Deneysel çalışmada kullanılan hava soluyan *Channa punctatus* test balığı, geniş coğrafi dağılım, büyük bolluk, tuzluluk, sıcaklık toleransı ve kirliliğe sık görülmesi nedeniyle çeşitli özelliklere sahiptir. Her iki saha için atıksuyun EC₅₀'sini belirlemek için 96 saat maruz kalma süresine göre toksisite testleri yapılmıştır. Her iki bölge için %100 konsantrasyonda %100 ölüm kaydedildiğinden, balık ölüm oranı, toksik madde konsantrasyonundaki artışla orantılı olarak artmıştır. Saha 1'den gelen atıksu, saha 2'ye kıyasla *C. punctatus* için daha zehirli olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplanan EC₅₀ değerleri saha 1'in, *C. Punctatus* için daha yüksek toksisitesini göstermiştir. *C. punctatus* solungaçlarında gözlemlenen histopatolojik değişiklikler, balıkların atıksulara karşı hücresel ve organ seviyelerindeki hasarı, duyarlılığını ve solunum sıkıntısını açıkça göstermiştir. Sonuçta, su kütlelerinin sürekli izlenmesini şiddetle tavsiye edildiği vurgulanmıştır.

Sultana ve ark. (2017)'de yaptıklarının çalışmanın amacı, kirliliğin biyolojik indikatörü olarak balık pullarını, su kalitesi parametreleriyle birlikte kullanmayı ve Chenab Nehri'nden alınan su örneklerinde, evsel ve endüstriyel atıksuları toplayan Chakbandi drenajı dahil olmak üzere seçilmiş ağır metallerin (Cd, Cu, Mn, Pb ve Cr)

değerlendirilmesi ve tespitidir. Ayrıca çalışma, seçilen balıklardan (*Catla catla*, *Labeo rohita* ve *Cirrhinus mrigala*) balık pullarının ağır metal kontaminasyonu ve su ortamında bulunan diğer toksik maddeler için biyo-gösterge olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Sonuçta, kirletici madde içeriğinin yüksek olduğu alanlardan toplanan balıklar, metal kirliliği veya diğer toksik maruziyetten kaynaklanarak sirküli ve diğer yapıların şeklinde değişiklikler ve deformasyonlar sergilemiştir. Su kalitesi parametre sonuçlarına göre ise pH ve fenol değerinin drenaj uzunluğu boyunca aşağı yönde kademeli olarak artarken, TAKM, tuzluluk, iletkenlik, BOİ ve sülfat parametrelerinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın bulguları, balık pullarının nehir sistemindeki ağır metal kirliliği için biyo-indikatör olarak başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Kirletici madde reaksiyonun ve balıkların hayatta kalmasının sadece suyun biyolojik durumuna, çeşitli kimyasal bileşenlerin seviyesine, toksisite türüne ve maruz kalma süresine bağlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bahadır ve Pagano (2013)'te yaptıkları çalışmada, dünyadaki mevcut durum özetlenerek ülkemizde endüstriyel atıksu deşarjların kontrolünde uyulması gereken SKKY'deki *Balık biyodeneyi (ZSF)* parametresinin istatistik yöntemler ile analizi yapılmıştır. Yönetmeliğin 24.04.2011 revizasyonuna bakıldığında balık toksisitesi baz alınarak zehirlilik seyrelme faktörü (ZSF) 11 adet endüstri kategori için 2 saatlik kompozit numunelerde 2-40 değerleri arasında ve 24 saatlik kompozit numuneler için 3-10 değerleri arasında tanımlanmıştır. Türkiye' de mevcut 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Resmî Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe giren Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği'nde (KAAY) zehirlilik izleme ile ilgili bir değerlendirme yoktur. Bu çalışmada, bağımlı değişken ZSF olup bağımsız değişken ZSF ile ilişkili KOİ, yağ ve gres gibi deşarj kriterleri arasında tanımlanmış parametrelerdir. Genel olarak bazı parametreler bazında regresyon görülmekle birlikte kirlenmenin organik eşdeğeri olarak tanımlanan KOİ parametresi için toksisite ilişkilendirmesi tutarlı sonuçlar vermemiştir. İstatistiksel değerlendirme için yeterli veri olduğu kabul edilen 4 endüstri sektöründe yapılan araştırmaya göre sadece metal sanayi alt kategorileri için ZSF'nin kadmiyum, çinko ve bakır parametrelerine %100 bağlı olduğu bulunmuştur. Buna göre ZSF testinin bu deşarjların çevreye olan etkilerinin belirlenmesinde yeterli olmayacağı vurgulanmıştır.

Karamete (2008)'de yaptıkları çalışmada, Konya katı atık depolama sahası sızıntı sularının toksisitesi araştırılmıştır. Fitotoksitesinin incelenmesinde test yöntemi olarak *Lemna minör* toksisite testi ve *Lepidium sativum* toksisite testleri kullanılmıştır. Ayrıca sızıntı sularının akuatik ortamdaki etkisinin değerlendirilmesinde ise *Vibrio fischeri* test yöntemi kullanılmıştır. Test sonuçları, kontrol çalışmaları ile karşılaştırılarak % inhibasyon ve EC₅₀ değerleri hesaplanmıştır. Yapılan deneyin sonucunda *Lemna minor* testi en hassas test organizması ve sonrasında *Lepidium sativum* olarak tespit edilmiştir. En düşük hassasiyete sahip organizmanın ise *Vibrio fischeri* olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçta, Konya katı atık depolama sahası sızıntı sularının akuatik yaşam ve *Lepidium sativum* bitkisi için çok toksik olduğu tespit edilmiştir.

S.G. Gündüz ve ark. (2012)'de yaptıkları çalışmada, tarım sektöründe sık kullanılan organofosforlu bir pestisit türü olan chlorpyrifosun, *Cyprinus carpio* üzerine akut toksisitesini gösteren 96 saatlik EC₅₀ değerinin belirlenmesi ve bu pestisite karşı balıkların davranış değişimlerinin incelenmesi değerlendirilmiştir. *Cyprinus carpio* balık türü, denemelerde kullanılmak üzere seçilmiştir. Ön denemeler sonucu belirlenen chlorpyrifosun derişimleri (0.10, 0.50, 1.50, 2.50, 3.50 mg/L) 96 saat süre ile balıklara uygulanmıştır. *Cyprinus carpio* için chlorpyrifosun 96 saat EC₅₀ değeri 2.08 mg/L düzeyinde bulunmuştur. Balıklarda davranış değişimleri gözlemlenmiştir. Kontrol grubuna göre daha denge kaybı, düzensiz yüzme, az hareketlilik ve belli bir alanda genellikle suyun orta seviyesinde uzun süreli hareketsiz kalma gibi tipik nörotoksin zehirliliği özelliğinde olduğu saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler, günümüzde tarım alanında yaygın olarak kullanılan chlorpyrifos'un, *Cyprinus carpio* üzerine akut toksisitesinin oldukça yüksek olduğunu, bu gibi insektisitlerin kullanımının kontrol altına alınması gerektiğini göstermektedir.

Sarıgül (2007)'de yapılan çalışmada, *Daphnia magna* toksisite testi kullanılarak %48 glifosat içeren Roundup isimli herbisit, 24 ve 48 saatlik ortalama EC₅₀ değerleri hesaplanmıştır. Analizler, statik biyodeney yöntemi ile 2 seride yürütülmüştür. Beş farklı konsantrasyon (0.0115; 0.018; 0.021; 0.028; 0.032) ve bir kontrol grubu kullanılmıştır. EC₅₀ değerlerinin hesaplanmasında probit analiz yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta, glifosatın 24 saatte *Daphnia magna*'ların EC₅₀ değeri 0.019 mg/L, 48 saatte EC₅₀ değeri ise 0.012 mg/L olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, bu herbisit *Daphnia magna* üzerine etkilerinin ortaya koyması yanında, akuatik canlılar

üzerindeki toksisitesine ilişkin veri tabanının genişletilmesine katkıda bulunması açısından da önemli olduğu vurgulanmıştır.

Selvi ve ark. (2004)'te yaptıkları çalışmada, sivrisinek ve karasinek larvalarıyla mücadelede organofosforlu insektisitlerden biri olan temefosun, akut toksisitesinin lepistes balıkları üzerindeki (*Poecilia reticulata*) davranış değişikliklerini değerlendirmişlerdir. Temefosun yetişkin erkek lepisteslerde 96 saatlik akut toksisite değeri 10 ila 100 mg/l (ortalama >50 mg/l) arasındadır. 100 mg/l dozda, 96 saat sonunda tüm balıklar ölmüştür. Buna ilave olarak, en düşük konsantrasyon olan 1 mg/l' de davranış değişikliği bulunmamıştır. Bu nedenle bu noktada kesin EC₅₀ değerini bildirmek mümkün değildir. Kontrol grubunda ölüm oranı sıfırdır. Bu sonuç temefosun, lepistes bireylerine, diğer balık türlerinden daha az toksik olduğunu göstermiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, günümüzde tarımda yaygın olarak kullanılan bazı insektisitlerin kullanımının kontrol altına alınmasının zor olduğu ve sivrisineklerle mücadelede oldukça yoğun kullanılan temefosun, balıklar ve hedef olmayan diğer türler üzerindeki subkronik ve kronik etkilerinin detaylı olarak incelenmesinin zorunlu olduğu vurgulanmıştır.

Verep ve Yıldırım (2020)'de yaptıkları çalışmada, tarımsal uygulamalarda kullanılan bazı herbisidlerin Lepistes balıkları (*Poecilia reticulata*) üzerindeki toksik etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, yabancı otlarla mücadelede kullanılan üç farklı herbisid (Glifosat, 2,4- Diklorofenoksiasetik Asit ve Asetoklor) kullanılmıştır. Bu herbisidler kullanımı, özellikle fındık ve çay üretimi gibi zirai tarım sektöründe yaygındır. 24, 48, 72 ve 96 saat aralıklarıyla lepistes (*Poecilia reticulata*) balıkları üzerinde akut toksik etkileri belirleyebilmek için statik yöntem kullanılmıştır. Lepistes balığının glifosat, 2,4-D ve asetoklor'a karşı 24, 48, 72 ve 96 saat aralıklarında EC₅₀ değerleri sırasıyla 7.051, 1.201 ve 0.557 mg/L olarak hesaplanmıştır. Sonuçta, lepistes balığı üzerinde herbisidlerin, akut toksik sınıflandırmasının, asetoklor> 2,4-D >glifosat olduğu gözlemlenmiştir.

Güner (2017)'de yaptığı çalışmada, α -cypermetrin içeren bir pestisitinin akut toksitesi incelenmiştir. α -cypermetrin, Trakya bölgesinde yaygın kullanılan bir tarım ilacıdır. Çalışmada, yavru sazan balığı (*Cyprinus carpio*) üzerinde 96 saatlik EC₅₀ hesaplanmıştır. Yavru sazanların 96-saat EC₅₀ değerleri 1.034 (0.136-12.181) μ g/L

olarak hesaplanmıştır. Yavru sazanların, erginlere göre α -cypermethrinden daha fazla etkilendiği gözlemlenmiştir.

Güner (2020)'de yaptığı çalışmada, Cyhalofop butyl içeren Trakya bölgesinde herbist mücadelesinde yoğun olarak kullanılan herbistin akut toksitesi araştırılmıştır. Cyhalofop-butyl sentetik herbist grubunda yer almaktadır ve oldukça toksiktir. Bu herbisit için akut toksisite, Trakya Bölgesinde yaygın sivrisinek balığında (*Gambusia holbrooki*) araştırılmıştır. *Gambusia holbrooki*, için 96-saat EC₅₀ değerleri 4.140 ppm olarak hesaplanmıştır.

Bahadır (2012)'de yaptıkları çalışmada, iki farklı tekstil endüstrisi arıtılmış atıksularında ozon teknolojisi kullanılarak KOİ ve renk giderimi ile öncelikli kirleticilerin giderimi izlenmiştir. *Daphnia magna* toksisite testi kullanılarak, ozonlama öncesi ile sonrası toksisitesi belirlenmiştir. İlk atıksu kaynağı, Dokunmuş Kumaş Endüstrisi Alt Kategorisinde yer alan bir yıkama fabrikası olup kimyasal ve biyolojik arıtma çıkışından 4 kez numune alınmıştır. Bu endüstride pH ayarı yapılmadan 0.96 mg/Ldk ozon debisi ile %37 KOİ giderimi ve %75 renk giderimi elde edilmiştir. İkinci atıksu kaynağı ise Sentetik Tekstil Terbiyesi alt kategorisine giren bir pamuk ve polyester boyama yapan tekstil fabrikasıdır ve biyolojik arıtma girişi ve çıkışından farklı zamanlarda 3 kez numune alınmıştır. pH ayarı yapılmadan 10.8 mg/Ldk uygulanan ozon debisi ile %63.9 KOİ giderimi, %99 renk giderimi elde edilmiştir. Genel anlamda toksisite giderilmiş ancak Denim kimyasal arıtma çıkışı numune 3 (DKN3) ve Denim biyolojik arıtma çıkışı numune 3 (DBN3) numunelerinde toksisitenin tamamen giderilemediği gözlenmiştir. Bunun nedenini ise, toksisitenin kaynağının amonyak miktarındaki artışa bağlı olabileceği gibi formaldehid ve format gibi toksik yan ürün oluşumundan kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kaptan (2002)'de yaptıkları çalışmada, reaktif boya kullanan bir tekstil endüstrisi atıksuyunda *Daphnia magna* toksisite testi kullanılmıştır. Toksisitesinin giderilmesinde özellikle fenton proses olmak üzere kimyasal çökeltme prosesi ve ozonlama teknolojilerinin katkısı incelenmiştir. Çalışma 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada dengeleme havuzundan üç farklı zamanda alınan ham atıksu, ikinci aşamada ise endüstride kullanılan reaktif boyalardan hazırlanan sentetik çözelti numunelerine *Daphnia magna* ile toksisite testi yapılmıştır. Çalışma sonunda, sentetik olarak hazırlanan çözeltilerde KOİ ve renk gideriminin ham atıksuya göre daha

yüksek olduğu görülmüştür. Sentetik olarak hazırlanan çözeltilerde fenton prosesiyle renk>%99, KOİ %84-96 arasında giderilirken, gerçek atıksu için bu giderim değerleri renk %87-94, KOİ ise %57-82.4 olarak bulunmuştur. Ham atıksuyunun ozon prosesi ile arıtımı sonunda renk gideriminde istenilen verim elde edilmesine rağmen KOİ gideriminde istenilen giderim verimine ulaşamamıştır. Ancak çalışmada uygulanan üç farklı ön arıtma prosesi sonunda ham atıksuyun toksisitesi %100 oranında giderilmiştir.

Parvez ve ark. (2006)'da yaptıkları derleme çalışmasında, bakteriyel bir biyoanaliz olan, test süresi ve maliyet değerlendirmesine dayalı olarak test serisinde sıklıkla kullanılan ve ilk test olarak seçilen biyoluminesans inhibisyon testine odaklanmışlardır. Genelde kabuklular, balıklar ve algler sucul toksisite ölçümü için kullanılır. Bu organizmalara dayalı testler, yüksek maruz kalma süresi ve numune hacimleri gerektirir. Bu nedenle, mikroorganizmalara dayalı toksisite ölçümleri; hızlı, uygun maliyetli ve yeniden üretilebilir olmaları ile kullanımları daha yaygın olmaktadır. Hayvan deneylerinde test organizmaları olarak balık, sıçan, fare ve *daphnia* kullanılmaktadır. Genel olarak, balık biyoanalizleri iyi hassasiyet gösterir ve gerçek zamanlı analize izin verir, ancak özel ekipmanlara ve kalıfıyeli operatörlere ihtiyaç duyarlar ve zaman alıcıdır. Bitki biyoanalizlerinde tipik olarak kullanılan türler; *Avena sativa*, *Brassica campestris* ve *Lactuca sativa*'dır. Alg biyoanalizleri, *Selenastrumcapricornutum*, *Phaedactylumtricornutum* ve *Dunaliella tertiolecta* gibi mikroalg türlerine dayanmaktadır. Hayvan ve bitki biyoanalizleri ile ilişkili ana dezavantajlar şunlardır: Organizmaların standardizasyonu ile ilgili sorunlar, özel ekipman ve vasıflı operatörler için gereksinimler, uzun test süresi ve tekrarlanabilirlik eksikliğidir. Biyoluminesans inhibisyon deneyi için kullanılan test türleri ise; *Vibrio harveyi*, *Pseudomonas fluorescen*, *Vibrio fischeri* ve *Photobacterium phosphoreum*'dir. Metabolik inhibisyon için kullanılanlar ise, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas putida*'dır. Bakteriyel biyoanalizler arasında *Vibrio fischeri* lüminesans inhibisyon testi en yaygın olanıdır. Literatüre göre *Vibrio fischeri* inhibisyon testi en hassas testtir, uygun maliyetli, kullanımı kolay ve toksisite tahmini için sadece 5–30 dakika gerektirir. Bu literatür araştırmasına dayanarak, mevcut çeşitli biyoanalizlerden *Vibrio fischeri* lüminesans inhibisyon testi daha duyarlı, hızlı, uygun maliyetli, tekrarlanabilir test olması yönüyle birçok avantaja sahiptir ve balık ile sıçan gibi daha yüksek organizmaların kullanımından kaynaklanan etik sorunları yoktur.

Arienzo ve ark. (2009)'da yaptıkları çalışmada, yapay sulak alan arıtımı için şaraphane atıksuyunun fitotoksitesini belirlemeye çalışmışlardır. Şaraphane atıksuyunun organik içeriği, yüksektir bu yüzden fiziksel veya kimyasal arıtma ile giderilememektedir. Çalışmada, iki fitotoksiste biyoanalizi su teresi (*Lepidium sativum*) ile soğan (*Allium coepa*) ve üç makrofit sulak alan türü (*Phragmites australis*, *Schoenoplectus validus* ve *Juncus ingens*) kullanılarak toksisite deneyleri yapılmıştır. Atıksuda sırasıyla %2.5 ve %0.25 ve konsantrasyonunda EC₅₀ ve EC₃₀ değerleri gözlemlenmiş ve çok toksik olduğu gözlemlenmiştir. Atıksu konsantrasyonu >%50 olduğunda tohum filizlenmemiştir. Soğan kökleri ise, aynı deney koşulları altında su teresine oranla çok daha hassas olduğu ortaya çıkmıştır (EC₅₀–EC₃₀ sırasıyla %0.25-%5). Dikim işleminden bir hafta sonra, %50, %75 ve %100 atıksu konsantrasyonları ile yapılan işlemlerin kullanılan üç makrofit sulak alan bitki türleri için son derece toksik olduğu bulunmuştur. Soğan ve su tere testlerinin, arıtmanın farklı aşamalarında atıksuyun toksitesinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için şarap endüstrisinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. Şarap atıksuyunun fitotoksitesini azaltmak için kireç ile pH'nı ayarlanması ve yüksek seyreltme oranları gerekli olmuştur. Bununla birlikte, atıksuyun seyreltilmesinin pratik olmadığı, bu nedenle, bir sulak alana uygulanmadan önce atıksuyun genel toksitesini azaltmak için etkili aerobik/anaerobik arıtma gerekli olduğunu vurgulamışlardır.

Priac ve ark. (2017)'de yaptıkları çalışmada, tohum çimlenmesi ve kök uzatma testleri gibi hassas ve basit ekotoksikolojik biyoanalizler (*Lactuca sativa*) kullanılarak atık ve endüstriyel atıksuların fitotoksitesini değerlendirmişlerdir. Yüzey işleme (ST), motor, bina, elektronik, askeri ve giyim endüstrileri de dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel ve yerel sektörler için farklı ürünler tedarik eden önemli bir endüstriyel sektördür. ST'nin, en büyük kimyasal tüketicilerinden biri olduğu ve yüksek oranda toksik atıksu ürettiği bilinmektedir. Çalışmada, dört farklı kontrol suyu (damıtılmış, mineral, ters ozmoz ve ultra saf), dört farklı marul çeşiti (*Kinemontepas*, *grosse blonde paresseuse*, *appia* ve *batavia dorée de printemps*) ve üç tohum yoğunluğu (15, 20 ve 30 tohum) kullanılarak test edilmiştir. Sonuçta, çimlenme hızı ile kök veya toplam uzunluklarını etkilemediği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, türler arasındaki duyarlılık farklılıkları iyi bilindiğinde, çeşitin deşarj suyu toksitesinin değerlendirilmesinde büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Biyoindikatör çeşitini

dikkatlice seçmek ve birden fazla çeşit arasında hızlı testler yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Eriksson ve ark. (2006)'da yaptıkları çalışmanın amacı, gri atıksuyun fitotoksitesini değerlendirmek ve çeşitli ev kaynaklarından (çamaşır makinası, bulaşık makinası, mutfak, duş, küvet, banyo suları vb.) gelen suyun toksisiteye farklı şekilde katkıda bulunup bulunmadığını test etmektir. Test yöntemleri olarak, kara (söğüt ağaçları) ve su bitkileri (tatlı su yeşil algleri) kullanılmıştır. Tatlı su yeşil algleri (*Pseudokirchneriella subcapitata*) ile alg testleri özellikle bu amaç için uygundur, çünkü bu test organizmasının, diğer su organizmalarından, örneğin bakteriler (*Vibrio fischeri*) ve omurgasızlardan (*Daphnia magna* ve *Brachinus calyciflorus*) daha duyarlı olduğu bulunmuştur. Çalışmada, Şubat 2002'de arıtılmamış 6 ham gri atıksu örneği ve bir evsel atıksu örneği toplanmıştır. Sonuçta, gri atıksuyun hem alg hem de söğütler üzerinde fitotoksik etkilere neden olduğu bulunmuştur ve toksisiteye en çok çamaşır ve mutfak atıksularının katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. İki test yöntemi için hassasiyette hiçbir fark doğrulanamamıştır, ancak sonuçlar, alg yönteminin daha hassas olduğunu göstermiştir.

Escher ve ark. (2011)'de yaptıkları çalışmada, İsviçre'deki genel bir hastane ve psikiyatri merkezinin atıksuyunda en yüksek miktarlarda oluşması beklenen 100 ilacın ekotoksikolojik potansiyeli değerlendirilmiştir. Çalışmada, ekotoksikolojik risk potansiyeli, dört farklı senaryoda değerlendirilerek literatür verileriyle tahmin edilmiştir. İlk 100 ilaç listesi, iki hastane türü arasında belirgin bir şekilde farklılık göstermiştir ve her iki veri topluluğunda yalnızca 37 ilaç örtüşmüştür. İlaç yükünün sadece %14'ünü (hastane) ve %30'unu (psikiyatri) oluşturmaktadır. Genel hastanede en yüksek riskli üç bileşik olan; amiodaron, ritonavir ve klotrimazolün fizikokimyasal özellikleri ve/veya ekotoksitesisi için deneysel veri yok denecek kadar az olduğu görülmüştür. Psikiyatri merkezinde ise diklofenak, ritonavir ve klotrimazol en yüksek riskli üç bileşik arasında olduğu görülmüştür. Diklofenak, bu ilaçlardan ekotoksikoloji ve risk değerlendirmesinde iyi araştırılmış tek ilaçtır. Sonuçta, hastane atıksuyunun ayrı arıtılması, atıksu arıtma tesislerinin farmasötik yükünü ve yeni belirlenen öncelikli farmasötiklerden kaynaklanan riski azaltacağı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, yüksek riskli farmasötikler esas olarak dışkı ile atıldığından, idrar kaynağının ayrılması,

hastane atıksuyundan kaynaklanan risk potansiyelini azaltmak için uygun bir seçenek olmadığı vurgulanırken sorpsiyon adımının yararlı olabileceğine değinilmiştir.

Tongur S. ve ark. (2017)'de yaptıkları çalışmada, belirli konsantrasyonlarda sentetik farmasötik çözeltiler hazırlanmıştır. Numuneler, analjezik ilaç çözeltileridir ve aktif maddeler olarak "Naproksen Na" ve "Flurbiprofen" içermektedir. İki farklı analjezik ilaç grubunun toksisitesi *Lepidium sativum* toksisite testi kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen kök ve hipokotil uzunluğuna göre % inhibisyon değerlerine göre EC₅₀ değerleri elde edilmiştir. EC₅₀ değerlerine göre Numune B'nin, Numune A'ya göre daha toksik olduğu belirlenmiştir. B Numunesi "Flurbiprofen" in etken maddesi, A numunesi "Naproksen Na" etken maddesine göre daha toksik tespit edilmiştir. İki numune için toksik birim değerlendirilmiş ve sonuçlara göre analjezik ilaç örneklerinin toksisitesinin "daha az toksik" olduğu gözlemlenmiştir.

Aslantürk ve Çetinkaya (2014)'de yaptıkları çalışmada, akvaryumlarda ilaç, dezenfektan ve oksitleyici olarak kullanılan potasyum permanganatın, lepistes balığında (*Poecilia reticulata*) akut toksisitesinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Lepistes balığı için potasyum permanganat 96 saat LC₅₀ değeri 0.674 mg/l (0.506-0.878); EC₅₀ değeri ise 0,786 mg/l (0.558-1.101) olarak belirlenmiştir. Potasyum permanganatın, pH'sı 8,5-9,5 arasında, toplam sertliği 300 mg/l CaCO₃ olan sularda daha zehirli olduğu tespit edilmiştir. Lepistes balığının potasyum permanganat toksisitesine, birçok balıktan daha hassas olduğu görülmüştür.

Göksu ve ark. (2015)'de yaptıkları çalışmada, Çukurova Bölgesi'nde tarımda yoğun kullanılan 2 insektisit türünün *Oreochromis niloticus* (L.,1754) yavruları üzerine akut toksik etkisi araştırılmıştır. Bu insektisitler; Lambda-Cyhalothrin ve Cypermethrin'dir. 24 saatlik akut EC₅₀ degerleri hesaplanmıştır ve sonuçta 24 saatlik EC₅₀ değerini, Lambda-Cyhalothrin için 6.80±0.63 µgl⁻¹ ve Cypermethrin için 15.88±0.65 µgl⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Sonuçta Cypermethrin'in, Lambda-Cyhalothrin'e göre daha toksik olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada, Konya Kentsel AAT ve KOS AAT'den giriş ve çıkış atıksu olmak üzere iki farklı atıksu numuneleri alınarak çevreye olası toksik etkilerinin belirlenmesi için *Lepidium sativum*, *Vibrio fischeri* ve *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite test yöntemleri kullanılmıştır.

3.1. Konya Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi ile İlgili Genel Bilgiler

Konya Kentsel AAT Projesinin birinci kademesi 200.000 m³/gün debiye göre tasarlanmıştır. Tesis, karbon giderimi ile birlikte kısmi azot giderimi (4-Kademeli Bardenpho) yapılması amacı ile ileri biyolojik arıtma tesisi olarak tasarlanmıştır. 2005 yılında ihale sözleşmesi onaylanarak Türk-İspanyol Ortak Girişimi'nce yapımına başlanılan atıksu arıtma tesisinin biyolojik arıtma ünitesi 2009 Haziran ayında işletmeye alınarak, Konya ilinden kaynaklanan atıksular, ilgili yönetmeliklerde belirtilen deşarj standart değerlerini sağlayacak şekilde arıtmaya başlanmıştır (Ökten, 2012). Konya AAT'de arıtılan arıtılmış atıksular Keçili Kanalı'na deşarj edilmektedir. Şekil 3.1'de Konya Kentsel AAT'nin genel görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 1. Konya Kentsel AAT'nin genel bir görüntüsü

Tesis, mekanik ön arıtma üniteleri, biyolojik arıtma, son çökeltme havuzu, çamur üniteleri ve dezenfeksiyon ünitesinden oluşmaktadır.

Mekanik Ön Arıtma Üniteleri: Atıksu giriş yapısı, kaba ızgara ünitesi, giriş pompa istasyonu, ince ızgara ünitesi, havalandırmalı kum-yağ tutucu ve 4 adet ön çökeltme havuzlarından oluşmaktadır. Şekil 3.2’de Konya Kentsel AAT’nin giriş yapısından alınan numune alma noktasına ait görüntü verilmektedir.



Şekil 3. 2. Konya Kentsel AAT giriş yapısı

Biyolojik Arıtma Üniteleri: 4 kademeli bardenpho prosesi ile karbon ve kısmi azot giderimi sağlanmaktadır. Şekil 3.3’te Konya Kentsel AAT’nin havalandırma havuzu ünitesinin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 3. Konya Kentsel AAT havalandırma havuzu ünitesi

Son Çökeltme Havuzları: 8 adet dairesel çökeltme havuzları ile askıda katı madde (AKM) giderimi sağlanmaktadır. Şekil 3.4'te Konya Kentsel AAT'nin son çökeltme havuzu ünitesinin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 4. Konya Kentsel AAT son çökeltim havuzu ünitesi

Çamur Arıtımı ve Enerji Kazanımı Üniteleri: Çamur yoğunlaştırma havuzları, anaerobik çamur çürütme tankları, biyogaz depolama tankları ve enerji geri kazanım ünitesinden oluşmaktadır. Şekil 3.5' te Konya Kentsel AAT'nin çamur çürütme tanklarının görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 5. Konya Kentsel AAT çamur çürütme tankları

Çamur Susuzlaştırma Tesisi: Çamur hacminin azaltılması amacıyla yüksek verimle çalışan ve yüksek katı madde içeriğine sahip arıtma çamuru eldesi için santrifüj dekantörler kullanılmaktadır.

Dezenfeksiyon Ünitesi: Arıtılmış atıksuların alıcı ortama verilmeden önce içerisinde patojen mikroorganizmaların giderilmesi amacı ile tasarlanmıştır. Tesis, açık kanal UV dezenfeksiyon sistemi şeklinde projelendirilmiştir.

Şekil 3.6'da Konya Kentsel AAT'nin çamur ünitelerinin ve dezenfeksiyon ünitesinin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 6. Konya Kentsel AAT çamur ve dezenfeksiyon ünitesi

3.2. Konya Organize Sanayi Atıksu Arıtma Tesisi ile İlgili Genel Bilgiler

7000 m³/gün kapasite ile 2010 tarihinde devreye alınmıştır ve aktif olarak faaliyet gösteren yaklaşık 600 firmaya hizmet vermektedir. Sanayi bölgesinde yaklaşık 30 farklı sanayi sektörü yer almaktadır. Ağırlıklı sektörler ise; metal, kimya, tarım ve gıda sektörleridir. KOS AAT, 3 vardiya sistemi ile çalışmakta olup, 13 kişilik personel kadrosuna sahiptir. Şekil 3.7'de KOS AAT'nin genel görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 7. KOS AAT'nin genel görüntüsü (KOS,2018)

Tesis, fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma ve çamur ünitelerinden oluşmaktadır. Arıtılan atıksular, Keçeli Kanalı'na deşarj edilmektedir.

Fiziksel Ön Arıtma: Otomatik temizlemeli mekanik ızgara, tambur elek, kum-yağ tutucu ve dengeleme havuzu ünitelerinden oluşmaktadır. Izgara üniteleri, mekanik ekipmanlara zarar verebilecek büyük cisimlerin ve aşındırıcı katıların giderilmesini sağlamaktadır. Kum ve yağ tutucu ünitesi ise, ızgaralardan geçen kum silt gibi küçük çaptaki inorganik maddelerin giderimini sağlayarak, atıksuda bulunan yağ ve gressin arıtma tesisinde ki ekipmanlara verebileceği zararın engellenmesi ve prosesin yükünü azaltmak amacı ile tasarlanmaktadır. Kum-yağ tutucu ünitesinden çıkan kumlar ise kum seperatörü ile konteynırda toplanmakta ve ızgara atıkları ile beraber çöp depolama sahasına gönderilerek bertaraf edilmektedir. Kum-yağ tutucu ünitesinden çıkan yağ atıkları ise özel bir firmaya gönderilerek bertaraf edilmektedir. Dengeleme tankı ise, atıksu debi değişimlerinin kontrol altına alınarak arıtma ünitelerinin daha istikrarlı çalışmasını sağlamaktadır. Tesiste yer alan dengeleme havuzunda havalandırma ekipmanı olarak dubalı jet aeratörler kullanılmaktadır.

Şekil 3.8’de KOS AAT’ye ait ızgara görseli verilmektedir.



Şekil 3. 8. KOS AAT ızgara ünitesi

Şekil 3.9’da KOS AAT’ye ait tambur elek görseli verilmektedir.



Şekil 3. 9. KOS AAT tambur elek ünitesi

Şekil 3.10'da KOS AAT'ye ait kum ve yağ tutucu görseli verilmektedir.



Şekil 3. 10. KOS AAT kum ve yağ tutucu ünitesi

Şekil 3.11'de KOS AAT'ye ait ön arıtma prosesinin görseli verilmektedir.



Şekil 3. 11. KOS AAT ön arıtma prosesi

Kimyasal Arıtma: Hızlı karıştırma (koagülasyon), yavaş karıştırma (flokülasyon) ve çökeltme havuzu ünitelerinden oluşmaktadır. Kimyasal arıtma üniteleri, AKM giderimi ve organik madde giderimini sağlayarak zararlı ve toksik maddelerin giderilmesi ile biyolojik arıtmaya fazla yükün gitmesini engellemek için tasarlanmaktadır. Tesiste, hızlı karıştırma tankında, çok küçük taneciklerin çökmesini kolaylaştırmak için suya sönmüş kireç ve alüminyum sülfat koagülantı eklenmektedir. Yavaş karıştırma tankında ise, atıksu içerisinde stabiliteyi bozulmuş olan taneciklerin

flok adı verilen daha büyük yapılara dönüştürmek için anyonik polielektrolit flokülantı eklenmektedir. Tesiste 2 adet kimyasal çöktürme havuzu yer almaktadır.

Biyolojik Arıtma: Yüksek arıtma giderim verimi için uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi olarak tasarlanmıştır. Tesiste, 2 adet biyolojik çöktürme havuzu yer almaktadır. Havalandırma ekipmanı olarak disk tipi difüzörler kullanılmaktadır. Difüzör sisteminde hava, blower ünitesi ile basınç altında havuz içerisine daldırılan gözenekli yüzeylerden verilir. Tesiste, 3 blower yer almaktadır ancak 1 blower %40 kapasiteyle aktif olarak çalışmakta iken 2 blower yedek olarak kullanılmaktadır. Blowerlar frekans konvetörlüdür. Şekil 3.12’de KOS AAT’ye ait uzun havalandırmalı aktif çamur havuzunun görseli verilmektedir.



Şekil 3. 12. KOS AAT uzun havalandırmalı aktif çamur havuzu

Son Çökeltme: Son çökeltim havuzları, biyolojik arıtmaya tabi olan atıksuyun deşarj edilmeden önce atıksudan katı maddelerin giderilmesi için tasarlanan ünitelerdir. Çökeltim havuzundan savaklanan arıtılmış atıksu Keçeli Kanalına deşarj edilmekte iken, tabanda biriken çamur ise çamur ünitelerine gönderilerek bertarafı gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.13’te KOS AAT’ye ait kimyasal çökeltme havuzu ile biyolojik çökeltme havuzuna ait görsel verilmektedir.



Şekil 3. 13. KOS AAT'ye ait kimyasal ve biyolojik çökeltme havuzları

Çamur Üniteleri: Tesiste çamur üniteleri olarak, çamur yoğunlaştırma ve çamur susuzlaştırma prosesleri yer almaktadır. Tesiste, çamur susuzlaştırma üniteleri olarak 1 adet santrifüj dekantör ve çamur kurutma yatağı yer almaktadır. Çamur yoğunlaştırma ünitesinden çıkan yoğun çamur, dekantör ünitesine gelmektedir. Yaklaşık %25 katı madde muhtevasına ulaşan çamur, römork ile çamur kurutma yataklarına iletilmekte ve güneş enerjisi ile yaklaşık %85 katı madde muhtevasına ulaşmaktadır. Dekantörden çıkan süzüntü suyu ise dengeleme havuzuna iletilmektedir. Haftada 2 kez çamur örnekleri alınarak kuruluk oranları tayin edilmektedir. Çamur yeterli kuruluk oranını sağlamadığı takdirde SKADA sistemi ile yaş kuru karışım ayarı yapılarak kuruluk oranı sağlanmaya çalışılmaktadır. Yaklaşık %85 katı madde muhtevasına ulaşan arıtma çamuru, tesis içerisinde yer alan çamur depolama alanında depolanmakta ve çimento fabrikalarına gönderilerek bertarafı sağlanmaktadır. Şekil 3.14'te KOS AAT'ye ait çamur kurutma yatağının görseli verilmektedir.



Şekil 3. 14. KOS AAT çamur kurutma yatağı

Şekil 3.15'te KOS AAT'ye ait çamur depolama alanına ait görsel verilmektedir.



Şekil 3. 15. KOS AAT çamur depolama alanı

3.3. Atıksu Numunelerinin Alınması

Yapılan çalışmada, iki farklı karakterizasyona ait atıksu numunelerinin toksik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. KOS AAT ve Konya Kentsel AAT'ye saha ziyareti gerçekleştirilmiştir. Atıksuların, arıtma tesislerine giriş ve çıkış su kalitesinin tespiti ve toksikolojik etkilerini değerlendirmek için, KOS AAT'den 16.06.2021 tarihinde ve Konya Kentsel AAT'den 01.09.2021 tarihinde 2872 sayılı Çevre Kanunu'na istinaden çıkarılan SKKY Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliğine uygun olarak numuneler alınmıştır.

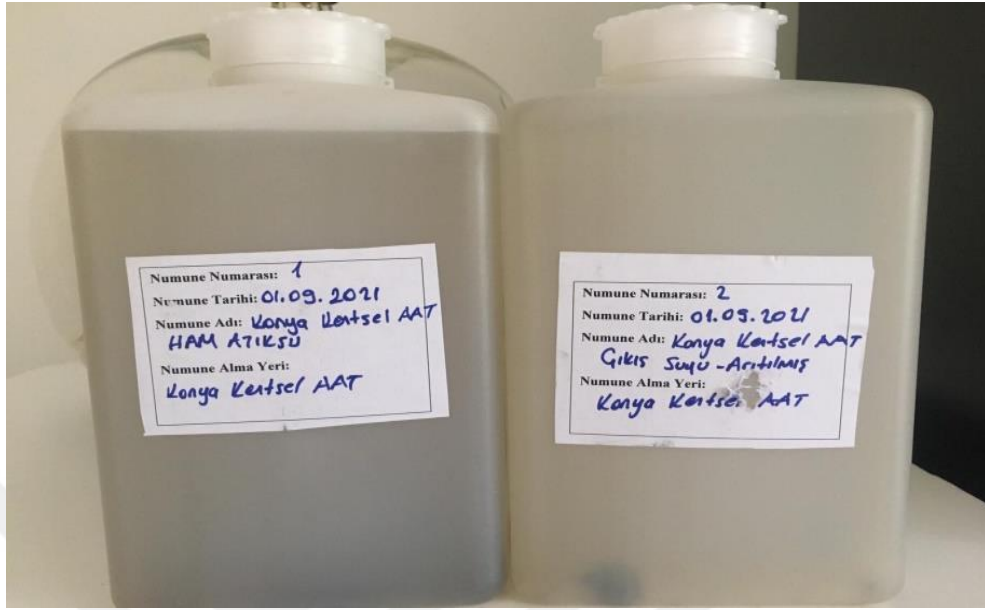
Konya, hızlı gelişmekte olan ve dinamik yapıya sahip olan sanayisi ile ülkemizin sanayi üretiminde önemli bir konuma sahiptir (Konya İl Sanayi Durum Raporu, 2019). Farklı endüstriyel sektörlerin üretim tesislerinden kaynaklanan atıksuları, ortak arıtma olan KOS AAT'de toplanmakta ve arıtılmaktadır. Bu nedenle Konya Kentsel AAT ve KOS AAT'ye gelen atıksu karakterizasyonlarının farklı olması ve KOS AAT'ye gelen atıksuların toksik madde içeriği yüksek olan atıksu tipi olması nedeni ile numune alma noktaları Konya Kentsel AAT ve KOS AAT olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.16'da KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numunelerinin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 16. KOS AAT'ye ait giriş ve çıkış atıksu numuneleri

Şekil 3.17’de Konya Kentsel AAT’nin giriş ve çıkış atıksu numunelerinin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3. 17. Konya Kentsel AAT’ye ait giriş ve çıkış atıksu numuneleri

3.4. Toksisite Test Metotları

Çalışmada, farklı karakterizasyonlara sahip atıksular *Lepidium sativum*, *Vibrio fischeri* ve *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite test yöntemleri kullanılarak çevreye olan toksik etkileri belirlenmiştir.

3.4.1. *Lepidium sativum* toksisite testi

KOS AAT ve Konya Kentsel AAT’den alınan giriş ve çıkış atıksu numunelerine, *Lepidium sativum* toksisite testi uygulanmıştır. Toksisite testi, Konya Teknik Üniversitesi Toksikoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Lepidium sativum, su teresi olarak bilinmektedir. Hızlı büyüyen bir bitki olup ılıman iklimlerde yetişmektedir. *Lepidium sativum* için nemli iklimler uygun şartları sağlamaktadır. *Lepidium sativum*, Cruciferae familyasından gelmektedir. Başlangıçta kazık kök oluşmakta ancak zamanla kazık kök görünümünü kaybederek saçak köklü bir görünüme sahip olmaktadır. Gövde yapısı ise dallanmış otsu bir yapıya sahiptir. Tohumlarının rengi açık kırmızı veya kahverengimsi kırmızıdır. Yaklaşık 2 mm uzunlukta, 1 mm genişliğinde ve 0.6- 1.0 mm kalınlığına sahiptir. Tohumların minimum

çimlenme gücü %80 civarındadır. Çimlenme ise toprakta 4°C sıcaklıkta başlamaktadır. Yetiştirilme sıcaklığının 10- 15°C arasında olması yeterlidir. Sıcaklık arttıkça yaprakları küçülmektedir ve fazla ışığı sevmemektedir. pH seviyesi ise 6.0 - 6.5 aralığında olmalıdır.

Lepidium sativum toksisite testi, Konya Kentsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları ile KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numunelerine %6.25, %12.5, %25, %50 ve %100 oranlarında seyreltilerek uygulanmıştır. 4 farklı atıksu numunesi de aynı seyreltme oranlarına tabi tutulmuştur. Herbir atıksu numunesi için 6 adet kontrol grubu hazırlanmıştır. 9 cm'lik cam petri kaplarına 2 adet 90 mm çapında Whatman filtre kâğıdı yerleştirilmiştir. Kontrol grubu için filtre kâğıdı üzerine 5 ml saf su numunesi, numune petri kaplarına ise 5 ml farklı oranlarda seyreltilen atıksu numuneleri eklenmiştir. Filtre kâğıdında hava kabarcığı oluşmamasına dikkat edilmiştir. Her bir petri kabına eşit aralık olacak şekilde *Lepidium sativum* tohumlarından 25 adet yerleştirilmiş ve petri kaplarının kapakları kapatılmıştır. Tohumlar yerleştirildikten sonra ise 72 saat süre boyunca karanlık ortamda 25°C sıcaklıkta inkübe edilmiştir.

72 saat sürenin sonunda ise, herbir petri kabındaki *Lepidium sativum* tohumlarından en iyi gelişim gösteren 20 tanesi belirlenerek bitkinin kök ve gövde uzunlukları ölçülmüştür. Sonuçta, iyi gelişim gösteren *Lepidium sativum* tohumlarında gözlemlenen kök ve gövde uzunluk ortalama değerleri ile kontrol petri kaplarında ölçülen kök ve gövde uzunluk değerleri karşılaştırılmıştır (Persoone ve Janssen 1993).

Ölçülen uzunluklara göre %inhibisyon değerleri belirlenmiş ve EC₅₀ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan EC₅₀ değerlerine göre ise toksik birim değerleri belirlenmiştir. Şekil 3.18'de *Lepidium sativum* deney öncesi ve sonrası görselleri verilmektedir.



Şekil 3. 18. *Lepidium sativum* deney öncesi ve sonrası

Şekil 3.19’da deneyde kullanılan *Lepidium sativum* test organizmasının görseli verilmektedir.



Şekil 3. 19. *Lepidium sativum*

3.4.2. *Vibrio fischeri* toksisite testi

KOS AAT ve Konya Kentsel AAT'den alınan giriş ve çıkış atıksu numunelerine, *Vibrio fischeri* toksisite testi uygulanmıştır. Toksisite testi, akredite olan Dokuz Eylül Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarında, SM 8050 A-B metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

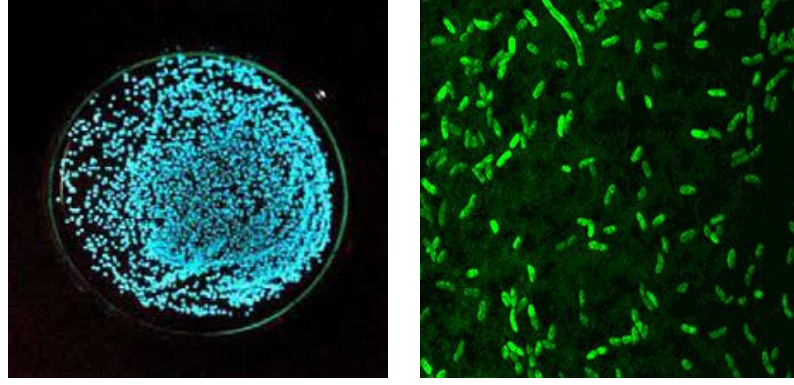
Vibrio fischeri, patojenik etkileşimler ile karakterize edilen birçok türden oluşan, gama-proteobakteriler içinde geniş bir familya olan Vibrionaceae'ye ait gram-negatif heterotrofik bir bakteridir. *Vibrio fischeri*, başta ılıman ve subtropikal sularda olmak üzere, dünya çapında bir dağılıma sahiptir (Özkovalak, 2005).

En yaygın olarak kullanılanı deniz bakterisi olan *Vibrio fischeri* test organizması ile yapılan toksisite test yöntemidir. Bu bakteri, ışık meydana getiren bir enzim olan “Lusiferaz” enzimi içermektedir ve bir reaksiyon dizisi sonucu ışık oluşturmaktadır (Yıldız, 2018). Işık üretimi, iyonik bir kofaktör varlığında lusiferaz adı verilen bir enzimin, genellikle lusiferin olarak adlandırılan bir substratın oksidasyonunu içeren kimyasal reaksiyonun bir sonucudur; üretilen ışığın yoğunluğu, kimyasal reaksiyonda yer alan reaktiflerin miktarı ile orantılıdır (Aydın, 2005).

LUMISTox toksisite testi, 4 farklı karakterizasyona sahip olan atıksuların toksisitesinin belirlenmesi için NRRL-B-11177 dondurulmuş özel bakteri türü olan *Vibrio fischeri* kullanılarak belirlenmiştir. Lange firmasının belirlemiş olduğu standart metota göre, ışık geçirgenliğinin zamanla azalmasına bağlı olarak (genellikle 5-10 ve 30 dakika) akut toksisite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Standart kültürler *Vibrio fischeri* Dr Lange firmasından temin edilmiştir ve söz konusu bakterinin biyolojik olarak yaydığı lüminesans seviyesinin tespiti Lumistox cihazı ile yapılmıştır (Gök ve Sponza, 2010).

Seyreltmelerin inhibe etkisi, yüzde inhibisyon vermek için toksin içermeyen bir kontrol ile karşılaştırılır. Değer, seyreltme faktörüne karşı çizilir ve elde edilen eğri, numunenin EC₅₀'sini hesaplamak için kullanılır (Aydın, 2005).

Şekil 3.20’de deneyde kullanılacak olan *Vibrio fischeri* test organizmasının görseli verilmektedir.



Şekil 3. 20. *Vibrio fischeri*

Şekil 3.21’de deneyde kullanılan Microthox Cihazının görseli verilmektedir.



Şekil 3. 21. Microthox Cihazı – Dr. Hatch Lange Lumistox 300 (DEU Mikrobiyoloji Lab)

3.4.3. *Balık biyodeneyi (ZSF) toksisite testi*

Konya Organize Sanayi Bölgesi’nden alınan giriş ve çıkış atıksu numunelerine, *Balık biyodeneyi (ZSF)* toksisite testi uygulanmıştır. Toksisite testi, akredite Envirolab Ölçüm ve Analiz Laboratuvarında, TS 5676 SKKY Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği Ek 1’de yer alan metota göre gerçekleştirilmiştir.

Balık biyodeneyi (ZSF), atıksuların indikatör organizma olarak kullanılan türden balıklar üzerindeki zehirlilik etkisini saptamaya yarayan, atıksuların değişik seyreltilerinde 48 saat, 72 saat, 96 saat gibi belirli süreler sonunda balıkların sağ kalma yüzdelерinin belirlenerek; zehirliliğin, seyrelti oranları ile ilişkili olarak ifade edilmesini sağlayan standart bir deneydir (SKKY,2004).

Toksik etkinin saptanması, atıksu numunesinin seyreltme suyu ile seyreltildiği hacimle orantılı olarak da belirlenebilir. Tüm balıkların yaşatılabildiği en küçük seyrelme değeri baz alınarak, atıksuyun balıklar üzerindeki toksik etkisi seyrelme faktörü (ZSF) ile ifade edilir. Tüm balıkların yaşadığı yani ölümün gerçekleşmediği seyrelmenin en küçük değerine ZSF (Zehirlilik Seyrelme Faktörü) olarak adlandırılmaktadır (SKKY Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, 2009).

Balık biyodeneyinde balık türü olarak *Lepistes Reticulates* (*Poecilia reticulata*) kullanılmıştır. Akvaryum balıkları arasında *Lepistes Reticulates* (*Poecilia reticulata*) balıkları, en çok bilinen türlerden biridir. İlk olarak 1859'da Venezuela-Caracas'da lepestesi tespit eden İhtiyolog Wilhelm Peters isimli bilim adamı, bu balığa *Poecilia reticulata* ismini vererek Poeciliidae familyasına dahil etmiştir (Doğan ve ark., 2011). Erkekleri genelde renkli bir görünüme sahipken, dişileri ise sade görünüme sahiptir. Bu yüzden cinsiyet ayrımı kolay yapılmaktadır ve fazla sayıda yavru vermektedirler (Türkmen ve Karadal, 2017). Bu nedenle lepestesler pazar ihtiyacı en yüksek akvaryum balığı türleri arasındadır (Türkmen ve Alpbaz, 2001).

Şekil 3.22'de deneyde kullanılacak olan *Balık biyodeneyi* (ZSF) deneyinde kullanılan lepestes balığının görseli verilmektedir.



Şekil 3. 22. *Lepistes Reticulates*

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çalışmada, KOS AAT ve Konya Kentsel AAT'den alınan farklı karakterizasyonlara sahip iki farklı atıksu numuneleri için *Lepidium sativum*, *Vibrio fischeri* ve *Balık biyodeneyi (ZSF)* toksisite testleri kullanılarak akut toksisiteleri belirlenmiştir. Ayrıca toksikolojik etkilerin belirlenmesi için deneyde kullanılan test organizmaları arasındaki hassasiyetleri değerlendirilmiştir.

4.1. Atıksu Numunelerinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

KOS AAT'nin atıksu numunelerinin fiziksel ve kimyasal karakterizasyonu; pH, iletkenlik, sıcaklık, çözülmüş oksijen (ÇO), KOİ, AKM, yağ gres, toplam azot (TN), TP, NH₄ ve ağır metal analizleri yapılarak belirlenmiştir. Tesisten nisan ve temmuz ayına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile temmuz ayına ait ağır metal analiz sonuçlarının verileri temin edilmiştir.

Tablo 4.1'de KOS AAT giriş ve çıkış atıksuyunun nisan ayına ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile tâbi olduğu SKKY Tablo 19 Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları (*Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler*)'e göre deşarj standart değerleri verilmektedir.

Tablo 4. 1. KOS AAT giriş ve çıkış atıksuyunun nisan ayı ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

PARAMETRE	GİRİŞ ATIKSU DEĞERLERİ	ÇIKIŞ ATIKSU DEĞERLERİ	BİRİM	SKKY TABLO 19. (2 SAATLİK)
AKM	449.24	41.90	mg/L	200
KOİ	985.25	36.38	mg/L	400
TN	10.88	6.60	mg/L	20
TP	6.01	0.71	mg/L	2
NH ₄	10.04	0.44	mg/L	-
pH	7.22	7.56	-	6-9
Sıcaklık	16.12	18.10	°C	-
İletkenlik	6.08	6.51	µs/cm	-
Ç.O	0.95	6.05	mg/L	-
Yağ gres	137	19.20	mg/L	20

KOS AAT'nin nisan ayının ortalama analiz sonuçlarına göre AKM giderim verimi %90.67, KOİ giderim verimi %96.30, TN giderim verimi %39.33, TP giderim verimi %88.18, NH₄ giderim verimi %95.61 ve yağ gres giderim veriminin %85.98 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2'de KOS AAT giriş ve çıkış atıksuyunun temmuz ayına ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile tâbi olduğu SKKY Tablo 19 Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları (*Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler*)'e göre deşarj standart değerleri verilmektedir.

Tablo 4. 2. KOS AAT giriş ve çıkış atıksuyunun temmuz ayı ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

PARAMETRE	GİRİŞ ATIKSU DEĞERLERİ	ÇIKIŞ ATIKSU DEĞERLERİ	BİRİM	SKKY TABLO 19. (2 SAATLİK)
AKM	519	50.88	mg/L	200
KOİ	1242	48	mg/L	400
TN	11.38	7.18	mg/L	20
TP	3.17	0.40	mg/L	2
NH ₄	8.60	0.48	mg/L	-
pH	7.0	7.59	-	6-9
Sıcaklık	23.76	23.91	°C	-
İletkenlik	7.95	7.86	µs/cm	-
Ç.O	4.40	5.86	mg/L	-
Yağ gres	188.75	20	mg/L	20

KOS AAT'nin temmuz ayının ortalama analiz sonuçlarına göre AKM giderim verimi %90.19, KOİ giderim verimi %96.13, TN giderim verimi %36.91, TP giderim verimi %87.38, NH₄ giderim verimi %94.41 ve yağ gres giderim veriminin %89.40 olduğu görülmektedir.

Her iki tablodaki nisan ve temmuz ayına ait analiz sonuçlarına bakıldığında temmuz ayında, nisan ayına göre yüksek KOİ, AKM, TN ve yağ-gres girişi olduğu görülmektedir. Her iki ay için alınan analiz sonuçlarına göre TN için en düşük giderim verimi gözlemlenmektedir. Diğer parametreler için giderim verimlerinin yüksek olduğu ve bütün parametrelerin deşarj standart değerlerini sağladığı görülmektedir.

KOS AAT'den elde edilen verilere göre temmuz ayına ait ağır metal analiz sonuçları ise Tablo 4.3'te verilmektedir.

Tablo 4. 3. KOS AAT giriş ve çıkış atıksuyunun temmuz ayı ağır metal analiz sonuçları

PARAMETRE	GİRİŞ ATIKSU DEĞERLERİ	ÇIKIŞ ATIKSU DEĞERLERİ	BİRİM	SKKY TABLO 19. (2 SAATLİK)
Toplam Krom	0.48	0.14	mg/L	2
Krom (Cr ⁺⁶)	0.48	0.14	mg/L	0,5
Kurşun (Pb)	1.9	0.57	mg/L	2
Kadmiyum (Cd)	0.45	0.34	mg/L	0,1
Demir (Fe)	4.4	2	mg/L	10
Florür (F ⁻)	13.4	6.3	mg/L	15
Bakır (Cu)	2.86	0.42	mg/L	3
Çinko (Zn)	1.99	3.61	mg/L	5
Sülfat (SO ₄)	1000	1000	mg/L	1500
Renk	1.9	0.7	(Pt-Co)	280

KOS AAT'nin temmuz ayının ağır metal analiz sonuçlarına göre toplam krom giderim verimi %70.83, Cr⁺⁶ giderim verimi %70.83, Pb giderim verimi %70, Cd giderim verimi %24.44, Fe giderim verimi %54.55, F⁻ giderim verimi %53, Cu giderim verimi %85.31, renk giderim verimi %63.15 olduğu görülmektedir.

Zn değerinin çıkış atıksu konsantrasyonu, giriş atıksuyuna göre artış gösterdiği ve sülfat konsantrasyonunun ise değişmediği görülmektedir. Ayrıca çıkış atıksuyu için diğer ağır metal analiz sonuçlarına bakıldığında deşarj standart değerlerini sağladığı görülmektedir.

Konya Kentsel AAT'nin atıksu numunelerinin fiziksel ve kimyasal karakterizasyonu; pH, iletkenlik, sıcaklık, KOİ, BOİ, AKM, TN, TP analizleri yapılarak belirlenmiştir. Tesisten temmuz ve ağustos ayına ait analiz sonuçları temin edilmiştir.

Tablo 4.4'te ise Konya Kentsel AAT giriş ve çıkış atıksuyunun temmuz ayına ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile tâbi olduğu Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) Tablo 1(Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ikincil arıtıma ilişkin deşarj limitleri) ve Tablo 2 (Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri) deşarj standart değerleri verilmektedir.

Tablo 4. 4. Konya Kentsel AAT giriş ve çıkış atıksuyunun temmuz ayı ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

PARAMETRE	GİRİŞ ATIKSU DEĞERLERİ	ÇIKIŞ ATIKSU DEĞERLERİ	BİRİM	KAAY	
				Tablo 1.	Tablo 2.
AKM	295.93	18.57	mg/L		
KOİ	945.50	61.43	mg/L	125	
BOİ	426.67	15.00	mg/L	25	
TN	72.85	10.90	mg/L		10
TP	9.34	0.60	mg/L		1
pH	7.35	7.60	mg/L		
Sıcaklık	23.77	24.03	°C		
İletkenlik	1950.08	1764.29	µs/cm		

Konya Kentsel AAT'nin temmuz ayının ortalama analiz sonuçlarına göre AKM giderim verimi %93.72, KOİ giderim verimi %93.50, BOİ giderim verimi %96.48, TN giderim verimi %85.03 ve TP giderim veriminin %93.57 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.5'te ise Konya Kentsel AAT giriş ve çıkış atıksuyunun ağustos ayına ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile tâbi olduğu KAAY Tablo 1(Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ikincil arıtmaya ilişkin deşarj limitleri) ve Tablo 2 (Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ileri arıtmaya ilişkin deşarj limitleri) deşarj standart değerleri verilmektedir.

Tablo 4. 5. Konya Kentsel AAT giriş ve çıkış atıksuyunun ağustos ayı ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

PARAMETRE	GİRİŞ ATIKSU DEĞERLERİ	ÇIKIŞ ATIKSU DEĞERLERİ	BİRİM	KAAY	
				Tablo 1.	Tablo 2.
AKM	332.06	17.56	mg/L		
KOİ	1047.22	60.67	mg/L	125	
BOİ	500	12	mg/L	25	
TN	70.30	28.85	mg/L		10
TP	9.93	0.76	mg/L		1
pH	7.58	7.74	mg/L		
Sıcaklık	23.88	23.76	°C		
İletkenlik	2078.78	1839	µs/cm		

Konya Kentsel AAT'nin ağustos ayının ortalama analiz sonuçlarına göre AKM giderim verimi %94.71, KOİ giderim verimi %94.20, BOİ giderim verimi %97.60, TN giderim verimi %58.96 ve TP giderim veriminin %92.34 olduğu görülmektedir.

Her iki tablodaki temmuz ve ağustos ayına ait analiz sonuçlarına bakıldığında ağustos ayında, temmuz ayına göre yüksek KOİ ve AKM girişi olduğu görülmektedir. Ağustos ayında, temmuz ayına göre çıkış atıksuyunda yüksek TN konsantrasyonu gözlemlenmektedir. Diğer parametreler için hesaplanan giderim verimlerinin yüksek olduğu ancak Konya Kentsel AAT'nin 4 Kademeli Bardenpho prosesi olması ve kısmi azot gideriminden kaynaklı olarak ağustos ayında TN için yüksek giderim veriminin gerçekleşmediği görülmektedir.

4.2. Toksik Birim (TB) Değerlerinin Hesaplanması

Test popülasyonunda zehirlenmeye yol açan bileşiklerin zehirliliği akut toksisite testleri ile değerlendirilir. Bu sınıflandırma test popülasyonunun %50'sinin ölümüne neden olan sudaki zehirli maddenin konsantrasyonu olan EC₅₀ değeri (letal konsantrasyon) ile ölçülür (Filazi ve ark., 2016). Yani bir gruptaki deney hayvanlarının %50'sini öldüren kimyasal maddenin konsantrasyonu olarak ifade edilebilmektedir.

Yapılan toksisite testlerinden hesaplanarak bulunan % inhibisyon değerleri veya EC₅₀ değerleri esas alınarak “Toksik Birim” değeri elde edilmektedir. Elde edilen sonuçların değerlendirilebilmesi için, toksik birim ifadesi kullanılmaktadır. Toksik birim değeri ‘TB’ ile ifade edilmektedir.

EC₅₀ değerlerine göre toksik birim değerlendirmesi, Eşitlik (1)’de belirtilen formüle göre hesaplanmaktadır.

$$TB = \left[1 / L(E)C_{50} \right] * 100 \quad \text{Eşitlik (1)}$$

Eşitlik (1)’e göre, EC₅₀ değeri ile TB ifadesinin ters orantılı olduğu görülmektedir. EC₅₀ değerinin zamanla artış göstermesi toksisitenin azaldığının bir göstergesidir.

Persoone ve Janssen (1993), yapmış oldukları çalışmada, toksik birim değerlendirmesi; TB=0 ise “toksik değil”, 0<TB<1 aralığında ise “hafif toksik”, 1<TB<10 aralığında “toksik” ve 11<TB<100 aralığında “çok toksik” şeklindeki sınıflandırmaya göre belirlenmiştir.

% İnhibisyon değerlerine göre ise toksik birim değerlendirmesi; % inhibisyon değeri %0-10 arasında “toksik değil”, %11-49 arasında “zayıf toksik”, %50-100 arasında ise “toksik” olarak sınıflandırılmaktadır (Gök ve Sponza, 2010). Yüzde inhibisyon değerinin zamanla artış göstermesi toksisitenin arttığının bir göstergesidir.

Çalışma kapsamında uygulanan *Lepidium sativum* toksisite testinin toksik birim sonuçları EC₅₀ değerlerine göre, *Vibrio fischeri* toksisite testinin toksik birim sonuçları ise % inhibisyon değerlerine göre belirlenmiştir.

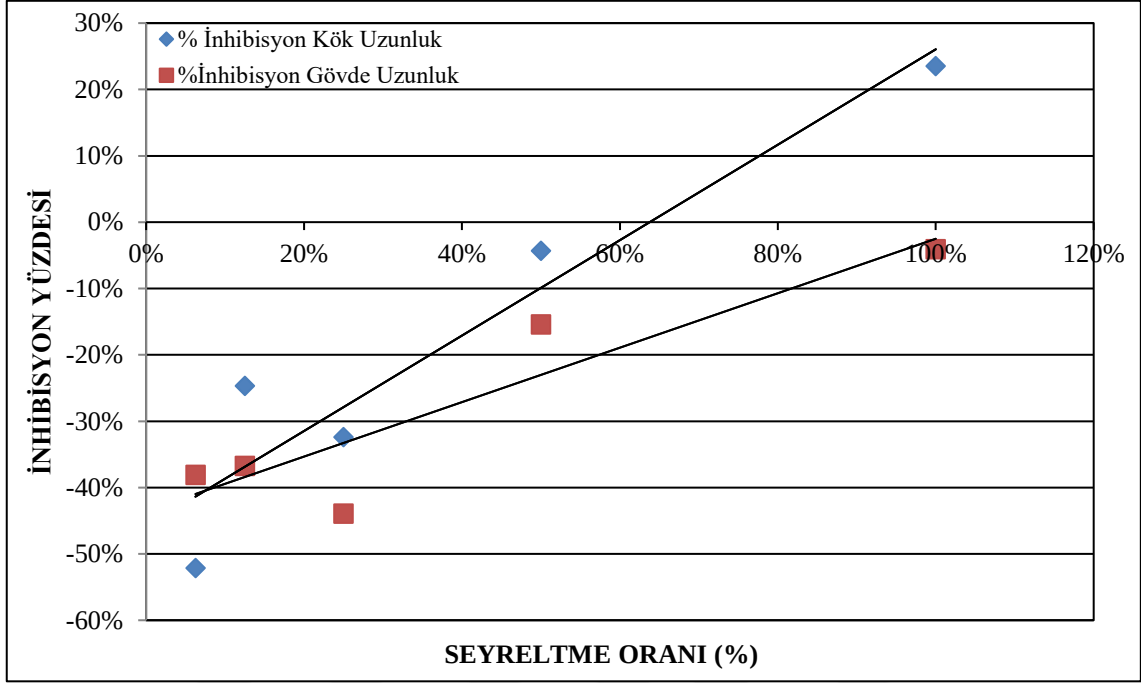
4.3. *Lepidium sativum* Toksisite Test Sonuçları

Konya Kentsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları ile KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları için 72 saat sürenin sonunda *Lepidium sativum* toksisite test sonuçları belirlenmiştir. Konya Kentsel AAT'nin giriş atıksuyu için *Lepidium sativum* toksisite deney sonuçları Ek 1, Konya Kentsel AAT'nin çıkış atıksuyu için *Lepidium sativum* toksisite deney sonuçları Ek 2, KOS AAT'nin giriş atıksuyu için *Lepidium sativum* toksisite deney sonuçları Ek 3 ve KOS AAT'nin çıkış atıksuyu için *Lepidium sativum* toksisite deney sonuçları Ek 4'te verilmektedir.

4 farklı atıksu numunesi için EC_{50} değerleri, deney sonunda hesaplanan %inhibisyon değerlerinin seyreltme oranlarına karşılık gelen kalibrasyon eğrisi oluşturularak hesaplanmıştır. Hesaplanan EC_{50} değerlerine göre ise toksik birim sınıflandırması yapılmıştır. Konya Kentsel AAT ve KOS AAT'nin giriş atıksularında bulunan bazı organik maddeler, *Lepidium sativum* bitkisinin kök ve gövde uzunluklarında büyüme etkisi gösterdiğinden inhibisyon yüzdeleri negatif etki göstermiştir.

4 farklı atıksu karakterizasyonu için *Lepidium sativum* toksisite test sonucunda hesaplanan EC_{50} değerleri ve toksik birim sınıflandırması aşağıda verilmektedir.

Şekil 4.1’de Konya Kentsel AAT giriş atıksu için % ortalama kök ve gövde uzunluk inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı grafiği ve Tablo 4.6’da ise hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim sınıflandırılması verilmektedir.

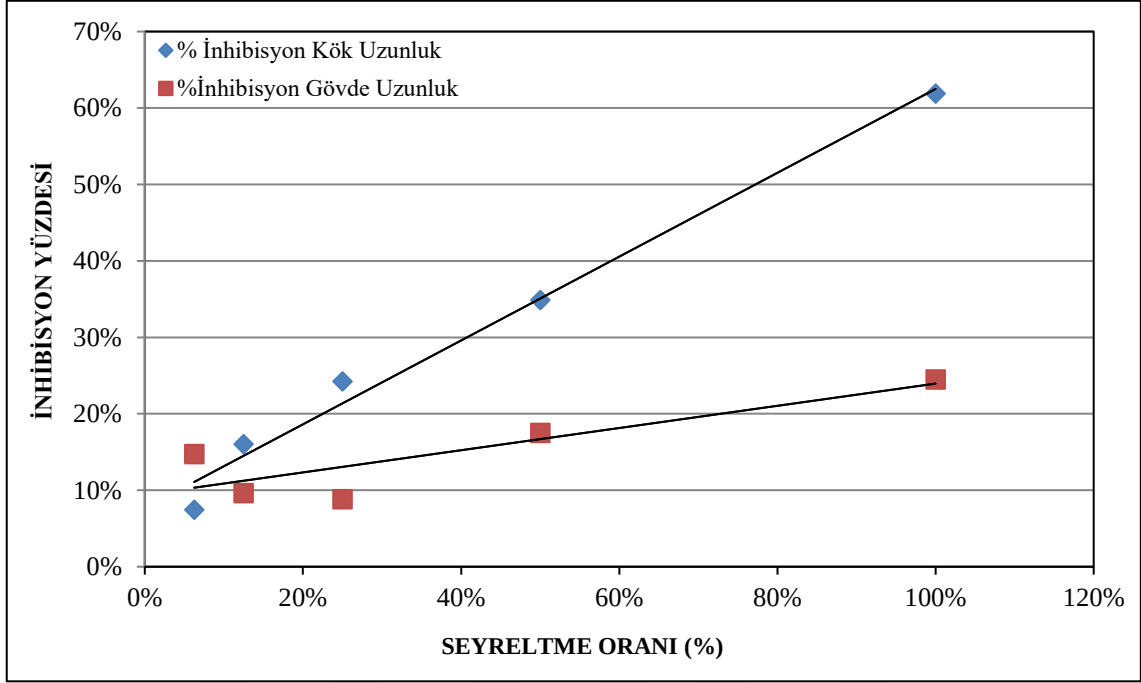


Şekil 4. 1. Konya Kentsel AAT giriş atıksu için % ortalama kök ve gövde inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı

Tablo 4. 6. Konya Kentsel AAT giriş atıksu için hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim değeri

Etken Madde Adı	EC_{50} Değeri	Toksik Birim	Sınıflandırma
Kök	70.17	1.43	Toksik
Gövde	122.89	0.81	Hafif Toksik

Şekil 4.2’de Konya Kentsel AAT çıkış atıksu için % ortalama kök ve gövde uzunluk inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı grafiği ve Tablo 4.7’de ise hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim sınıflandırılması verilmektedir.

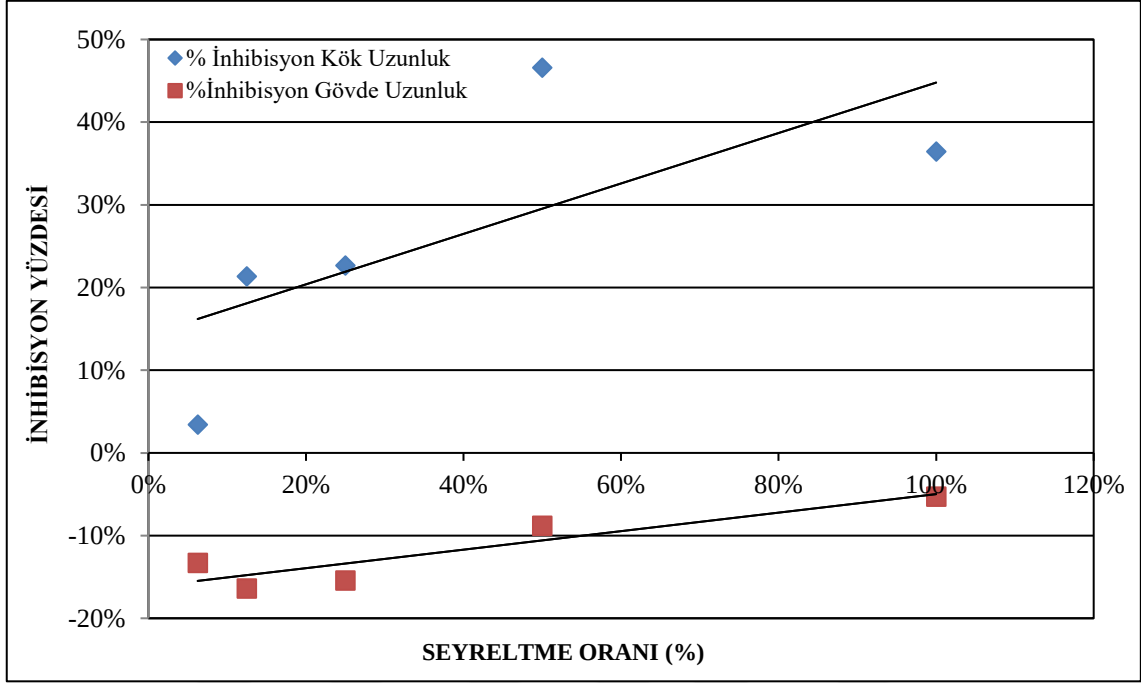


Şekil 4. 2. Konya Kentsel AAT çıkış atıksu için % ortalama kök ve gövde inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı

Tablo 4. 7. Konya Kentsel AAT çıkış atıksu için hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim değeri

Etken Madde Adı	EC_{50} Değeri	Toksik Birim	Sınıflandırma
Kök	91.05	1.10	Toksik
Gövde	343.70	0.29	Hafif Toksik

Şekil 4.3'te KOS AAT giriş atıksu için % ortalama kök ve gövde uzunluk inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı grafiği ve Tablo 4.8'de ise hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim sınıflandırılması verilmektedir.

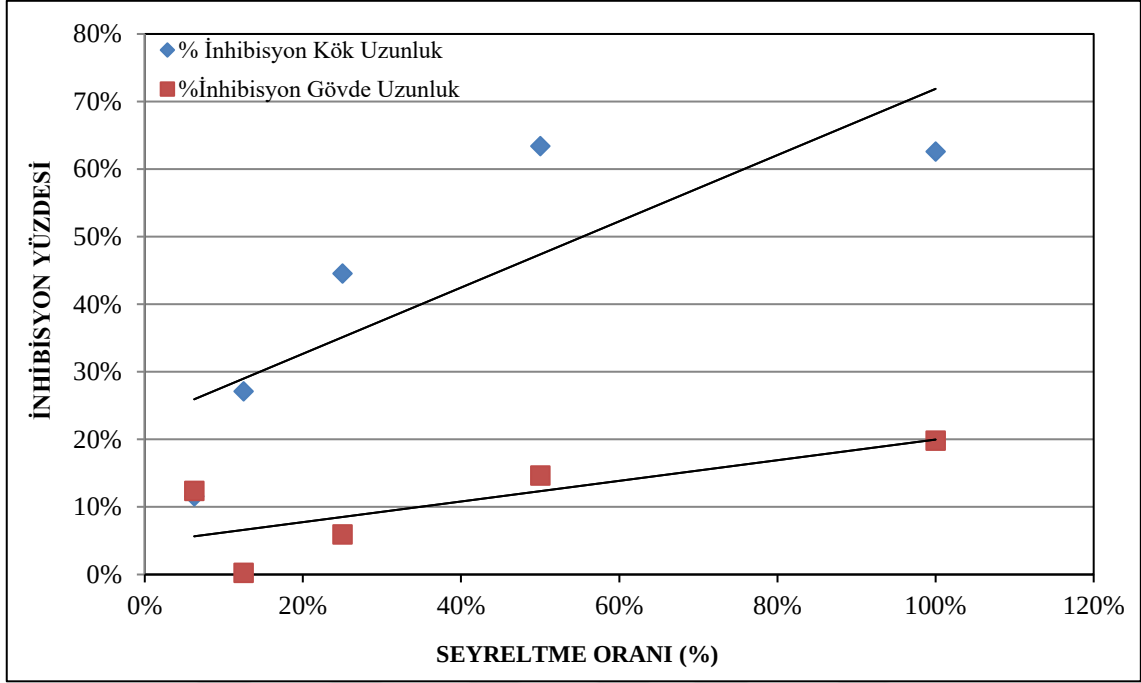


Şekil 4. 3. KOS AAT giriş atıksu için % ortalama kök ve gövde inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı

Tablo 4. 8. KOS AAT giriş atıksu için hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim değeri

Etken Madde Adı	EC_{50} Değeri	Toksik Birim	Sınıflandırma
Kök	163.47	0.61	Hafif Toksik
Gövde	448.27	0.22	Hafif Toksik

Şekil 4.4'te KOS AAT çıkış atıksu için % ortalama kök ve gövde uzunluk inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı grafiği ve Tablo 4.9'da ise hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim sınıflandırılması verilmektedir.



Şekil 4. 4. KOS AAT çıkış atıksu için % ortalama kök ve gövde inhibisyonuna karşılık seyreltme oranı

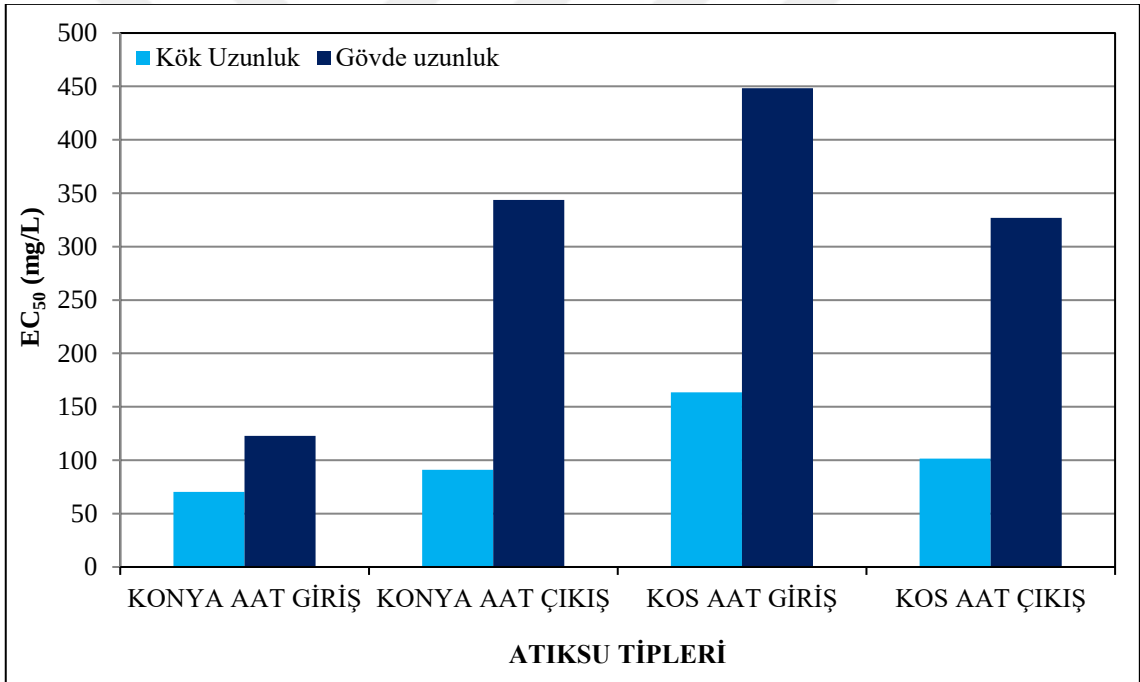
Tablo 4. 9. KOS AAT çıkış atıksu için hesaplanan EC_{50} değeri ve toksik birim değeri

Etken Madde Adı	EC_{50} Değeri	Toksik Birim	Sınıflandırma
Kök	101.55	0.98	Hafif Toksik
Gövde	326.92	0.31	Hafif Toksik

4 farklı atıksu tipi için ortalama kök ve gövde uzunlukları kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere %6.25, %12.5, %25, %50 ve %100 seyreltme oranlarına karşılık inhibisyon yüzdeleri tespit edilmiş ve EC_{50} değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.10'da herbir atıksu tipi için kök ve gövde uzunluklarının EC_{50} değerleri ve Şekil 4.5'te atıksu tipine göre EC_{50} grafiği verilmektedir.

Tablo 4. 10. Atıksu tiplerine göre ortalama kök ve gövde uzunluk değerlerinin EC_{50} değerleri

EC_{50} (mg/L)		
ATIKSU TİPLERİ	KÖK	GÖVDE
KONYA AAT GİRİŞ	70.17	122.89
KONYA AAT ÇIKIŞ	91.05	343.70
KOS AAT GİRİŞ	163.47	448.27
KOS AAT ÇIKIŞ	101.55	326.92

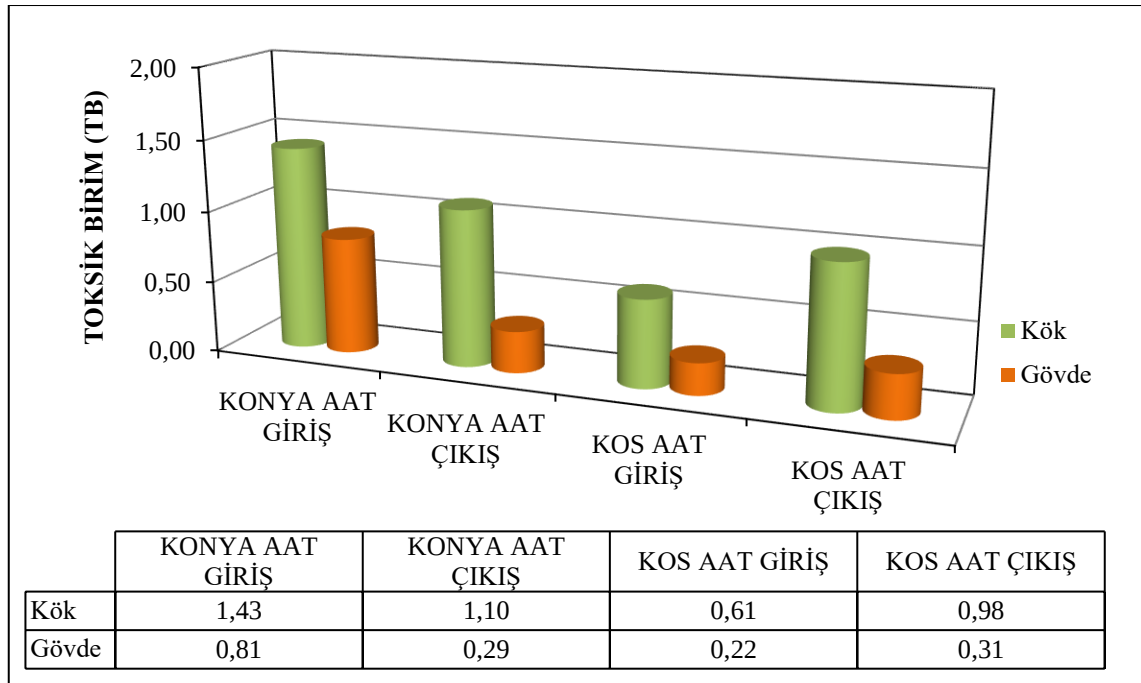


Şekil 4. 5. Atıksu tipine göre EC_{50} değerleri

Hesaplanan EC_{50} değerlerine göre toksik birim değerleri Eşitlik (1)'e göre belirlenmiştir. Tablo 4.11'de atıksu tiplerine göre toksik birim değerleri, Şekil 4.6'da ise atıksu tiplerine göre toksik birim grafiği verilmektedir.

Tablo 4. 11. Atıksu tiplerine göre ortalama kök ve gövde uzunluk değerlerinin toksik birim değerleri

TOKSİK BİRİM (TB)		
ATIKSU TİPLERİ	KÖK	GÖVDE
KONYA AAT GİRİŞ	1.43	0.81
KONYA AAT ÇIKIŞ	1.10	0.29
KOS AAT GİRİŞ	0.61	0.22
KOS AAT ÇIKIŞ	0.98	0.31



Şekil 4. 6. Atıksu tipine göre toksik birim değerleri

Yapılan çalışmada, Konya Kentsel AAT'den temin edilen temmuz ve ağustos ayları ile KOS AAT'den temin edilen nisan ve temmuz aylarına ait giriş ve çıkış atıksularının KOİ, AKM, TN ve TP fizikokimyasal parametrelerin ortalama konsantrasyonları ile *Lepidium sativum* analizinde hesaplanan kök uzunluklarının inhibisyonu arasındaki korelasyonu hesaplanmıştır. 4 farklı atıksu karakterizasyonu için hesaplanan korelasyon katsayıları Tablo 4.12'de verilmektedir.

Tablo 4. 12. Fizikokimyasal parametreler ile % kök inhibisyon değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

NUMUNELER	KOİ	AKM	TN	TP
KONYA AAT GİRİŞ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5
KONYA AAT ÇIKIŞ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5
KOS AAT GİRİŞ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5
KOS AAT ÇIKIŞ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5

4 farklı atıksu karakterizasyonu için korelasyon katsayıları (p)>0.5 olduğu için KOİ, AKM, TN ve TP parametrelerinin *Lepidium sativum* toksisite deneyinde toksik etkiye neden olduğu görülmektedir.

4.4. *Vibrio fischeri* Toksisite Test Sonuçları

Çalışma kapsamında, Konya Kentsel AAT'den ve KOS AAT'den alınan giriş ve çıkış atıksularının toksikolojik etkisi, *Vibrio fischeri* toksisite testi ile belirlenmiştir.

Konya Kentsel AAT'den alınan giriş ve çıkış atıksu numuneleri ile KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri %6.25, %12.5, %25 ve %50 seyreltme oranlarına karşılık % inhibisyon değerleri belirlenmiştir ve inhibisyon değerlerine karşılık toksik birim değerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Konya Kentsel AAT'nin giriş atıksu için hesaplanan inhibisyon değerleri ve toksik birim sınıflandırması aşağıda Tablo 4.13'te verilmektedir.

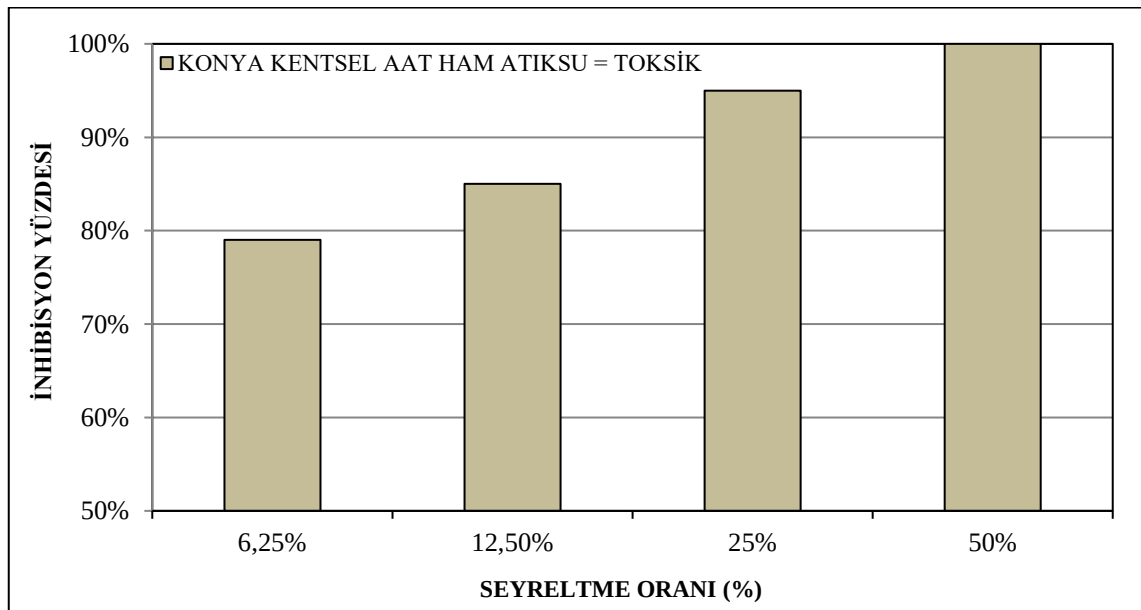
Tablo 4. 13. Konya Kentsel AAT giriş atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test sonuçları

EC Değeri	İnhibisyon Yüzdesi (%)	DL Değeri (Seyreltme Oranı)	Toksisite Değerlendirmesi
30 dk sonucu	%79	%6.25	Toksik
30 dk sonucu	%85	%12.5	Toksik
30 dk sonucu	%95	%25	Toksik
30 dk sonucu	%100	%50	Toksik

Tablo 4.13'te görüldüğü üzere farklı seyreltme oranlarına karşılık inhibisyon yüzdeleri görülmektedir. Buna göre farklı seyreltme oranlarında inhibisyon yüzdeleri, %50-100 arasında olduğundan toksik birim sınıflandırmasına göre '**Toksik**' olduğu anlaşılmaktadır.

Deneyde, numune 30 dakika temas süresi sonucunda %90 oranında seyreltildiğinde mikrotoksin bakterilerinde %30 oranında inhibisyon oluşturmaktadır. Böylece EC₃₀ değeri, %90 seyreltmeye karşılık gelmektedir ve ekotoksikolojik değerlendirme sonucunda numune toksiktir.

Şekil 4.7'de Konya Kentsel AAT giriş atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test yönteminde seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzde grafiği verilmektedir.



Şekil 4. 7. Kentsel AAT giriş atıksu için seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzdesi

Konya Kentsel AAT'nin çıkış atıksu için hesaplanan inhibisyon değerleri ve toksik birim sınıflandırması aşağıda Tablo 4.14'te verilmektedir.

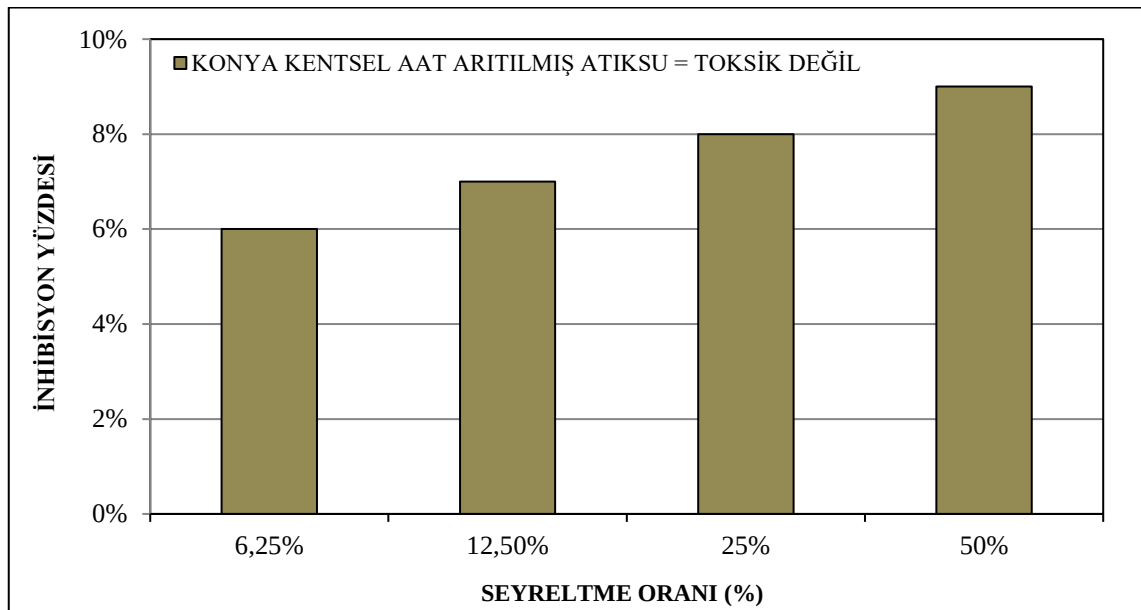
Tablo 4. 14. Konya Kentsel AAT çıkış atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test sonuçları

EC Değeri	İnhibisyon Yüzdesi (%)	DL Değeri (Seyreltme Oranı)	Toksisite Değerlendirmesi
30 dk sonucu	%6	%6.25	Toksik değil
30 dk sonucu	%7	%12.5	Toksik değil
30 dk sonucu	%8	%25	Toksik değil
30 dk sonucu	%9	%50	Toksik değil

Tablo 4.14'te görüldüğü üzere farklı seyreltme oranlarına karşılık inhibisyon yüzdeleri görülmektedir. Buna göre farklı seyreltme oranlarında inhibisyon yüzdeleri, %0-10 arasında olduğundan toksik birim sınıflandırmasına göre '**Toksik değil**' olduğu anlaşılmaktadır.

Deneyde, numune 30 dakika temas süresi sonucunda %6.5 oranında seyreltildiğinde mikrotoksin bakterilerinde %35 oranında inhibisyon oluşturmaktadır. Böylece EC₃₅ değeri, %6.5 seyreltmeye karşılık gelmektedir ve ekotoksikolojik değerlendirme sonucunda numune toksik değildir.

Şekil 4.8'de Konya Kentsel AAT çıkış atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test yönteminde seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzde grafiği verilmektedir.



Şekil 4. 8. Konya Kentsel AAT çıkış atıksu için seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzdesi

KOS AAT'nin giriş atıksu için hesaplanan inhibisyon değerleri ve toksik birim sınıflandırması aşağıda Tablo 4.15'te verilmektedir.

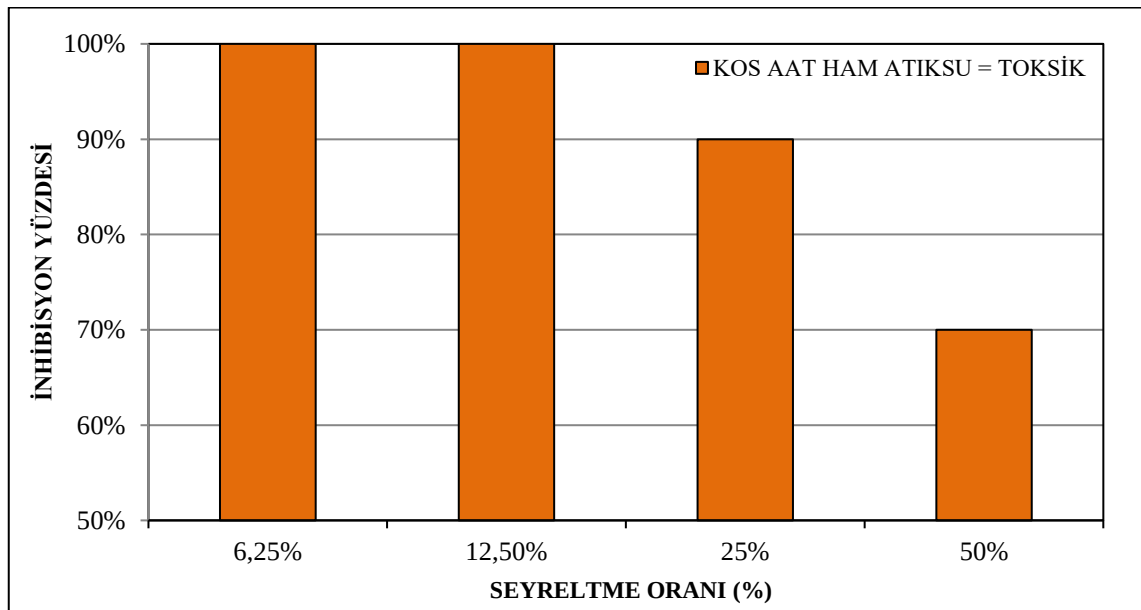
Tablo 4. 15. KOS AAT giriş atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test sonuçları

EC Değeri	İnhibisyon Yüzdesi (%)	DL Değeri (Seyreltme Oranı)	Toksisite Değerlendirmesi
30 dk sonucu	%100	%6.25	Toksik
30 dk sonucu	%100	%12.5	Toksik
30 dk sonucu	%90	%25	Toksik
30 dk sonucu	%70	%50	Toksik

Tablo 4.15'te görüldüğü üzere farklı seyreltme oranlarına karşılık inhibisyon yüzdeleri görülmektedir. Buna göre farklı seyreltme oranlarında inhibisyon yüzdeleri, %50-100 arasında olduğundan toksik birim sınıflandırmasına göre '**Toksik**' olduğu anlaşılmaktadır.

Deneyde, numune 30 dakika temas süresi sonucunda %66.85 oranında seyreltildiğinde mikrotoksin bakterilerinde %20 oranında inhibisyon oluşturmaktadır. Böylece EC₂₀ değeri, %66.85 seyreltmeye karşılık gelmektedir ve ekotoksikolojik değerlendirme sonucunda numune toksiktir.

Şekil 4.9'da KOS AAT giriş atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test yönteminde seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzde grafiği verilmektedir.



Şekil 4. 9. KOS AAT giriş atıksu için seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzdesi

KOS AAT'nin çıkış atıksu için hesaplanan inhibisyon değerleri ve toksik birim sınıflandırması aşağıda Tablo 4.16'da verilmektedir.

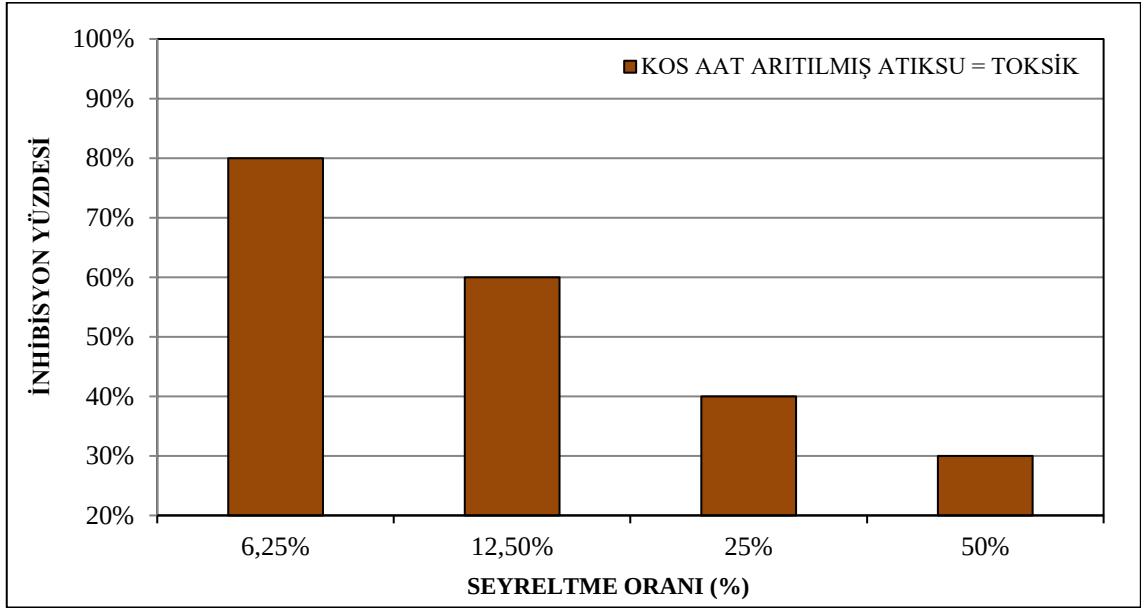
Tablo 4. 16. KOS AAT çıkış atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test sonuçları

EC Değeri	İnhibisyon Yüzdesi (%)	DL Değeri (Seyreltme Oranı)	Toksisite Değerlendirmesi
30 dk sonucu	%80	%6.25	Toksik
30 dk sonucu	%60	%12.5	Toksik
30 dk sonucu	%40	%25	Zayıf Toksik
30 dk sonucu	%30	%50	Zayıf Toksik

Tablo 4.16'da görüldüğü üzere farklı seyreltme oranlarına karşılık inhibisyon yüzdeleri görülmektedir. Buna göre %6.25 ve %12.5 seyreltme oranlarında inhibisyon yüzdeleri, %50-100 arasında olduğundan toksik birim sınıflandırmasına göre '**Toksik**'tir. Ancak %25 ve %50 seyreltme oranlarında inhibisyon yüzdeleri %11-49 arasında olduğundan toksik birim sınıflandırmasının '**Zayıf Toksik**' olduğu anlaşılmaktadır.

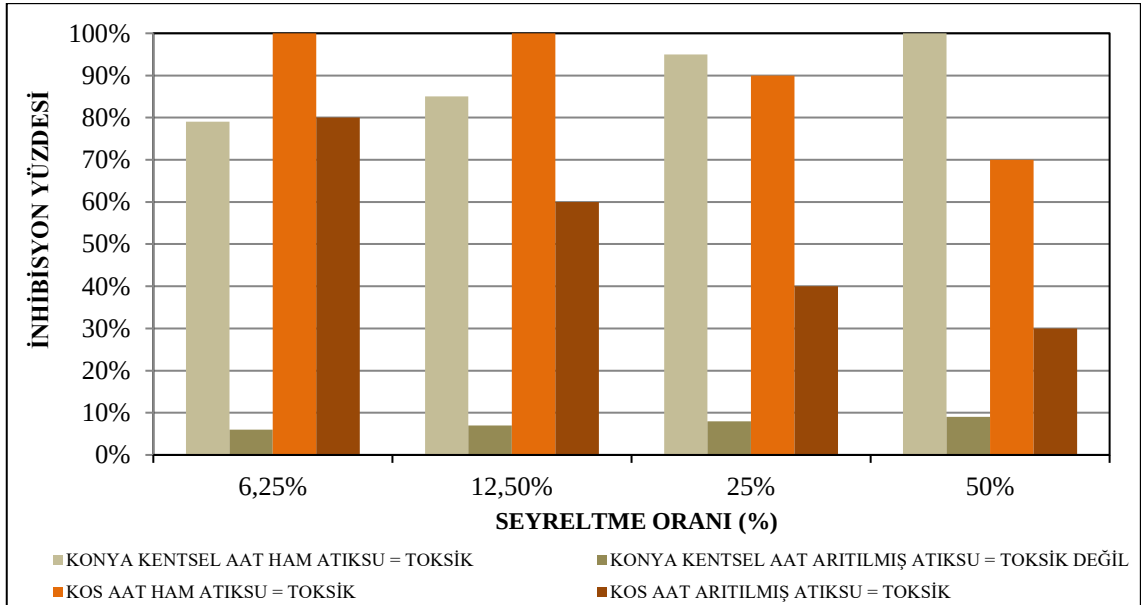
Deneyde, numune 30 dakika temas süresi sonucunda %60 oranında seyreltildiğinde mikrotoksin bakterilerinde %50 oranında inhibisyon oluşturmaktadır. Böylece EC₅₀ değeri, %60 seyreltmeye karşılık gelmektedir ve ekotoksikolojik değerlendirme sonucunda numune toksiktir.

Şekil 4.10'da KOS AAT çıkış atıksu için *Vibrio fischeri* toksisite test yönteminde seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzde grafiği verilmektedir.



Şekil 4. 10. KOS AAT çıkış atıksu için seyreltme oranına karşı inhibisyon yüzdesi

Şekil 4.11'de 4 farklı karakterizasyona sahip atıksuların aynı seyreltme oranlarına karşılık gelen inhibisyon yüzdelere göre toksik birimlerinin ifade edildiği grafik verilmektedir.



Şekil 4. 11. 4 farklı atıksu numunesinin %inhibisyon değerlerine göre toksik birim sınıflandırması

Şekil 4.11’de görüldüğü üzere Konya Kentsel AAT ve KOS AAT’nin giriş atıksularının inhibisyon yüzdelerinin, Konya Kentsel AAT ve KOS AAT’nin çıkış atıksularının inhibisyon yüzdelerinden yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre her iki atıksu arıtma tesisine gelen giriş atıksuların, çıkış atıksularına göre toksititesi daha yüksektir.

Yapılan çalışmada, Konya Kentsel AAT’den temin edilen temmuz ve ağustos ayları ile KOS AAT’den temin edilen nisan ve temmuz aylarına ait giriş ve çıkış atıksularının KOİ, AKM, TN ve TP fizikokimyasal parametrelerin ortalama konsantrasyonları ile *Vibrio fischeri* analizinde hesaplanan inhibisyonlar arasındaki korelasyonu hesaplanmıştır. 4 farklı atıksu karakterizasyonu için hesaplanan korelasyon katsayıları Tablo 4.17’de verilmektedir.

Tablo 4. 17. Fizikokimyasal parametreler ile % inhibisyon değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

NUMUNELER	KOİ	AKM	TN	TP
KONYA AAT GİRİŞ	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
KONYA AAT ÇIKIŞ	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
KOS AAT GİRİŞ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5
KOS AAT ÇIKIŞ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5

Konya Kentsel AAT’nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri için KOİ, AKM, TN ve TP’nin korelasyon katsayısının (p) <0.5 olduğu ve KOS AAT’nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri için KOİ, AKM, TN ve TP’nin korelasyon katsayısının (p)>0.5 olduğu görülmüştür. KOS AAT’nin giriş ve çıkış atıksularında fizikokimyasal parametrelerin toksik etki gösterdiği ancak Konya Kentsel AAT’nin giriş ve çıkış atıksularında toksik etkiye neden olmadığı görülmektedir.

4.5. Balık biyodeneyi (ZSF) Toksisite Test Sonuçları

Çalışma kapsamında, KOS AAT'den alınan giriş ve çıkış atıksuyun toksikolojik etkisi, *Balık biyodeneyi (ZSF)* toksisite testi ile belirlenmiştir.

Endüstriyel atıksu deşarjları, alıcı ortamda yaşayan sucul canlılara zehirlilik etkisi göstererek ekolojik özelliklerinin bozulmasına yol açmaktadır (Bahadır ve Pagano, 2013). Bu sebeple ülkemizde endüstriyel atıksuların deşarjlarının kontrolü için SKKY'de sektörel olarak belirlenen deşarj sınır değerleri yer almaktadır. *Balık biyodeneyi (ZSF)* analizi ise, belli sektörlerin tabi olduğu ilgili tablolarda uyulması gereken parametreler arasında yer almaktadır. Bu kapsamda KOS AAT'den alınan giriş ve çıkış atıksuyu analiz sonuçları, SKKY Tablo 19 (*Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler*)'a göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.18'de SKKY'de *Balık biyodeneyi (ZSF)* deşarj sınır parametresine tâbi olan endüstriyel sektörler ve deşarj standart değerleri yer almaktadır.

Tablo 4. 18. SKKY'de *Balık biyodeneyi (ZSF)* parametresine tâbi olan endüstriyel sektörler

Tablo No.	Sektör/Alt Sektör	Kompozit Numune (2 saat)	Kompozit Numune (24 saat)	Anlık Numune
5.10	Gıda sanayi (Bitki işleme tesisleri ve benzerleri)	4	3	
5.11	a:Gıda Sanayi (Şeker üretimi; kondensasyon suları ile seyrelme yok ise	4	-	
	b: Kondenzasyon Suları İle Seyrelme Var İse	4	-	
7.1	Maden Sanayii (Kadmiyum Metali, Demir ve Demir Dışı Metal Cevherleri ve Endüstrisi, Çinko Madenciliği, Kurşun ve Çinkonun Rafinize Edildiği Tesisler, Kalsiyum, Florür, Grafit ve Benzeri Cevherlerin Hazırlanması)	4	-	
7.3	Metalik Olmayan Maden Sanayii (Bor Cevheri)	8	-	
10.1	Tekstil Sanayii (Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye)	4	3	
10.2	Tekstil Sanayii (Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri)	4	3	
10.3	Tekstil Sanayii (Pamuklu Tekstil ve	4	3	

	Benzerleri)			
10.4	Tekstil Sanayii (Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri)	4	3	
10.5	Tekstil Sanayii (Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri)	4	3	
10.6	Tekstil Sanayii (Halı Terbiyesi ve Benzerleri)	4	3	
10.7	Tekstil Sanayii (Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri)	3	2	
11. 03	Petrol Sanayii (Hidrokarbon Üretim Tesisleri)	6	4	
12	Deri, Deri Mamulleri ve Benzeri Sanayilerin Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları	4	4	
13.1	Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yarı Selüloz Üretimi)		8	-
13. 2	Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kâğıt, Saman ve Kâğıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi)		8	-
13.3	Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Ağartılmış Selüloz Üretimi)		8	-
13.4	Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Saf Selüloz Üretimi)		8	-
14.1	Kimya Sanayi (Klor Alkali Üretimi)	5	-	
14.2	Kimya Sanayii (Perborat ve Diğer Bor Ürünleri Sanayii)	8	-	
14.3	Kimya Sanayii (Zırnık Üretimi ve Benzerleri)	4	4	
14.4	Kimya Sanayii (Boya Üretimi ve Benzerleri)	3	-	
14.5	Kimya Sanayi (Boya, Boya Hammadde ve Yardımcı Madde Üretimi ve Benzerleri)	6	3	
14.6	Kimya Sanayii (İlaç Üretimi ve Benzerleri)	6	-	
14.8	Kimya Sanayi (Plastik Maddelerin İşlenmesi ve Plastik Malzeme Üretimi)	6	3	
14.9	Kimya Sanayii (Tıbbi ve Zirai Müstahzarat Üretimi ve Benzerleri)	10	-	
14. 12	Kimya Sanayii (Petrokimya ve Hidrokarbon Üretim Tesisleri)	6	4	
14.13	Kimya Sanayii (Soda Üretimi)	32	-	
14.14	Kimya Sanayii (Karpit Üretimi)		2	-
14.15	Kimya Sanayii (Baryum Bileşikleri Üretimi)		3	-
14.16	Kimya Sanayii (Dispeng Oksitler Üretimi)		-	16
15.2	Metal Sanayii (Genelde Metal Hazırlama ve İşleme)	10	-	
15.3	Metal Sanayii (Galvanizleme)	8	-	
15.4	Metal Sanayii (Dağlama İşlemi)	5	-	

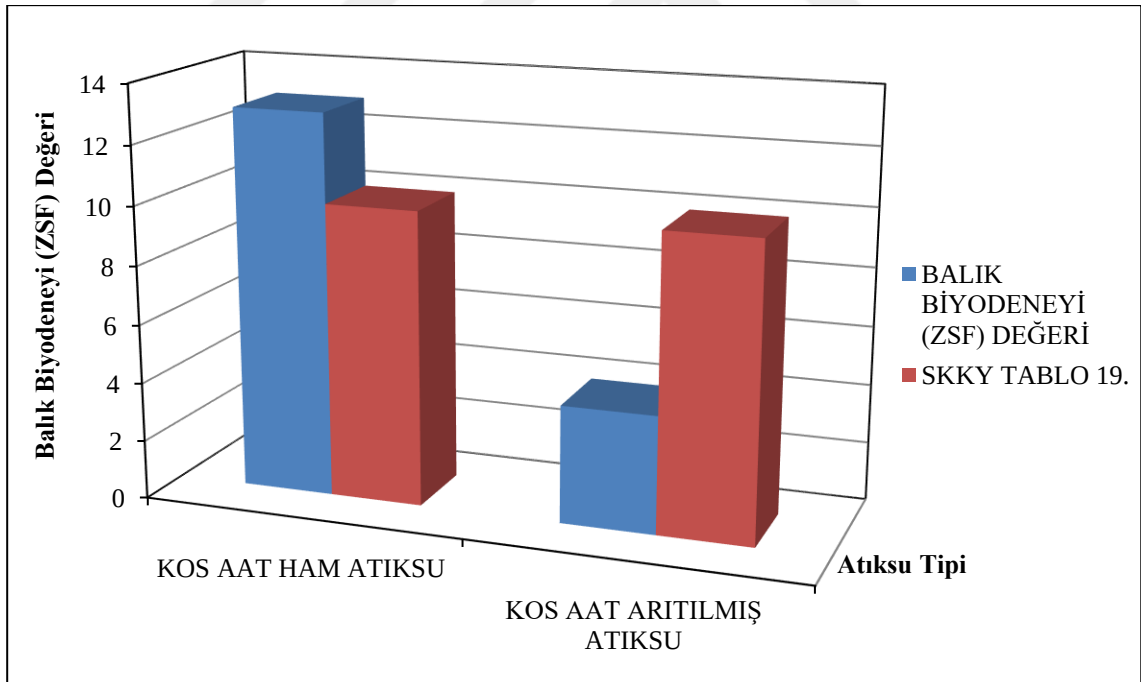
15.5	Metal Sanayii (Elektrolitik Kaplama, Elektroliz Usulüyle Kaplama)	2	-	
15.6	Metal Sanayii (Metal Renklendirme)	8	-	
15.7	Metal Sanayii (Sıcak Galvanizleme Çinko Kaplama) Tesisleri	10	-	
15.8	Metal Sanayii (Su Verme, Sertleştirme Tesisleri)	40	-	
15.9	Metal Sanayii (İletken Plaka İmalatı)	10	-	
15.10	Metal Sanayii (Akü İmalatı, Stabilizatör İmali, Birincil ve İkincil Akümülatör, Batarya ve Pil İmalatı ve Benzeri.)	8	-	
15.11	Metal Sanayii (Sırlama, Emayeleme, Mineleme Tesisleri)	4	-	
15.12	Metal Sanayii (Metal Taşlama ve Zımparalama Tesisleri)	30	-	
15.13	Metal Sanayii (Metal Cilalama ve Vernikleme Tesisleri)	8	-	
15.14	Metal Sanayii (Laklama/Boyama)	10	-	
18.1	Motorlu ve Motorsuz Taşıt Tamirhaneleri (Oto, Traktör Tamirhaneleri ve Benzerleri)	10	-	
18.2	Taşıt Fabrikaları (Otomobil, Kamyon, Traktör, Minibüs, Bisiklet, Motosiklet ve Benzeri Taşıt Aracı Üreten Fabrikalar)	8	-	
18.3	Tersaneler ve Gemi Söküm Tesisleri	10	-	
19	Karışık endüstriyel atıksuların alıcı Ortama Deşarj Standartları Küçük ve büyük organize sanayi Bölgeleri ve sektör belirlemesi Yapılamayan diğer sanayiler)	10	10	
20.1	Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksular (Endüstriyel Soğutma Suları ve Benzerleri)	5	-	
20.2	Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksular (Hava Kirliliğini Kontrol Amacıyla Kullanılan Sulu Filtrelerin Çıkış Suları ve Benzerleri)	10	-	
20.3	Endüstriyel Nitelikli Diğer Atıksular (Benzin İstasyonları, Yer ve Taşıt Yıkama Atıksuları)	20	-	
20.6	Katı Artık Değerlendirme ve Bertaraf Tesisleri	10	-	
20.7	Su Yumuşatma, Demineralizasyon ve Rejenerasyon, Aktif Karbon Yıkama ve Rejenerasyon Tesisleri	10	-	

KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri için yapılan *Balık biyodeneyi (ZSF)* analiz sonuçları ise Tablo 4.19'da verilmektedir.

Tablo 4. 19. KOS AAT giriş ve çıkış atıksuyuna uygulanan *Balık biyodeneyi (ZSF)* analiz sonuçları

Atıksu Tipi	<i>Balık biyodeneyi (ZSF) Analiz Sonucu</i>	Tablo 19. Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları (Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler)
		KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK
Giriş Atıksu	13	10
Çıkış Atıksu	4	

Tablo 4.19'da görüldüğü üzere çıkış atıksuyunun *Balık biyodeneyi (ZSF)* analiz sonucu, SKKY Tablo 19'daki değer altındadır ve deşarj standart değerini sağlamaktadır. Şekil 4.12'de KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları için *Balık biyodeneyi (ZSF)* analiz sonucunun grafiği verilmektedir.



Şekil 4. 12. KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları için *Balık biyodeneyi (ZSF)* analiz sonucu

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışma kapsamında farklı karakterizasyonlara sahip atıksular için, test yöntemlerinin seçilmesinde kullanımları gitgide artan, geçerliliklerinin olması ve piyasada kolaylıkla bulunabilmesi yönleri dikkate alınarak farklı toksisite test yöntemleri seçilmiştir. Seçilen toksisite test yöntemleri kullanılarak atıksuların toksikolojik etkileri gözlemlenmiştir. Konya Kentsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları ile KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksularına *Lepidium sativum* ve *Vibrio fischeri* toksisite testi, KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksularına ise, *Balık biyodeneyi (ZSF)* toksisite testi uygulanmıştır. Test sonuçları incelendiğinde farklı atıksu tipleri için farklı hassasiyetler gösterdiği gözlemlenmiştir. Toksisite testlerinde kullanılan test organizmaları arasındaki hassasiyetlerin farklı olmasının nedeni ise, atıksuların farklı bileşimlerde olmasından kaynaklanmaktadır.

Lepidium sativum toksisite test sonuçlarında atıksu tipine göre ve kök ile gövdede oluşan inhibisyon sonuçları değerlendirilmiş ve duyarlılıkları karşılaştırılmıştır. Buna göre:

Aynı atıksu tipinin kök ve gövde uzunluklarının toksik birim değerine göre duyarlılıkları karşılaştırılmıştır. Buna göre:

$TB_{KONYA\ AAT\ GİRİŞ\ KÖK} > TB_{KONYA\ AAT\ GİRİŞ\ GÖVDE}$,

$TB_{KONYA\ AAT\ ÇIKIŞ\ KÖK} > TB_{KONYA\ AAT\ ÇIKIŞ\ GÖVDE}$,

$TB_{KOS\ AAT\ GİRİŞ\ KÖK} > TB_{KOS\ AAT\ ÇIKIŞ\ GÖVDE}$,

$TB_{KOS\ AAT\ ÇIKIŞ\ KÖK} > TB_{KOS\ AAT\ GİRİŞ\ GÖVDE}$

olduğu görülmüştür. Sonuçta, 4 farklı atıksu içinde kökte oluşan inhibisyonun gövdede oluşan inhibisyonundan fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Atıksuların kök ve uzunluklarının toksik birim değerlerine göre sınıflandırıldığında; Konya Kentsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksu numuneleri kök için 'toksik' ve gövde için 'hafif toksik' olarak sınıflandırılmıştır. KOS AAT'nin giriş ve

çıkış atıksuyunda toksik etki farkı az olup kök ve gövde için ‘hafif toksik’ olarak sınıflandırılmıştır.

Vibrio fischeri toksisite test sonuçları değerlendirildiğinde, 4 farklı atıksu numunesine aynı seyreltme oranları (%6.25, %12.5, %25, %50) uygulanarak farklı inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Konya Kentsel AAT’nin giriş atıksuyu için; %79, %85, %95 ve %100 inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim sınıflandırmasına göre ‘toksik’ olduğu bulunmuştur. Konya Kentsel AAT’nin çıkış atıksuyu için; %6, %7, %8 ve %9 inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim sınıflandırmasına göre ‘toksik değil’ olduğu bulunmuştur. KOS AAT’nin giriş atıksuyu için; %100, %100, %90 ve %70 inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim sınıflandırmasına göre ‘toksik’ olduğu bulunmuştur. KOS AAT’nin çıkış atıksuyu için; %80, %60, %40 ve %30 inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim değerleri sınıflandırılmıştır. Ancak %80 ve %60 inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim sınıflandırması ‘toksik’ iken %40 ve %30 inhibisyon yüzdelere karşılık toksik birim sınıflandırması ‘zayıf toksik’ olarak bulunmuştur.

Balık biyodeneyi (ZSF) toksisite test sonuçları değerlendirildiğinde, endüstriyel tesislerden üretim ve faaliyetleri sonucu oluşan atıksuyun direkt deşarjı alıcı ortamda yaşayan canlılarına zehirlilik etkisi göstererek, alıcı ortamın ekolojik özelliklerini bozmaktadır. KOS AAT’nin giriş atıksuyunda *Balık biyodeneyi (ZSF)* değeri 13, çıkış atıksuyunda ise 4 olarak bulunmuştur. Deney sonucu, KOS AAT’nin SKKY’de tabi olduğu *Tablo 19. Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler*)’e göre karşılaştırılmıştır. SKKY’de *Balık biyodeneyi (ZSF)* deşarj limit değeri 10’dur ve KOS AAT’nin çıkış atıksu analiz sonucu, yönetmelikte istenen limit değeri sağladığı gözlemlenmiştir.

Castro ve ark. (2019), Yıldırım (2015), Yu ve ark. (2014b)’te yapılan çalışmalarda kullanılan *Vibrio fischeri* toksisite testinin, diğer toksisite testlerine göre daha hassas olduğu bulunmuştur, yapılan bu deneyler içerisinde ise en hassas deneyin olduğu gözlemlenmiştir.

Erbe ve ark. (2011), M. Gutierrez ve ark. (2002), Parvez ve ark. (2006)’da yaptıkları çalışmalarda, çeşitli biyoanalizlerden biri olan *Vibrio fischeri* lüminesans

inhibisyon testinin, diğer toksisite testlerine göre kıyasla daha duyarlı, hızlı ve tekrarlanabilir olması yönü ile birçok avantaja sahip olduğuna değinmişlerdir. Yapılan çalışmada ise, *Vibrio fischeri* toksisite testinin; *Lepidium sativum* ve *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite testlerine göre daha duyarlı ve deney süresi bakımından hızlı sonuç veren (genellikle 5-15-30 dk) test metodu olduğu görülmüştür.

Arienzo ve ark. (2009)'da, yaptığı çalışmada şaraphane atıksuyunun fitotoksitesini belirlemeye çalışmışlardır ve deneyde *Lepidium sativum* toksisite testi kullanılmıştır. Sonuçta *Lepidium sativum* toksisite testinin atıksuyun toksisitesinin değerlendirilmesi için şarap endüstrisinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada ise, Konya Kentsel AAT'nin giriş ve çıkış atıksuları ile KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksularında toksik etki gözlemlenmiştir ve bu atıksular için *Lepidium sativum* toksisite testinin kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, çalışmada kullanılan diğer toksisite testlerine göre, piyasada kolaylıkla bulunabilmesi ve uygun maliyetli olması yönüyle avantajlı, iş yükü ve testin uzun sürede sonuç vermesi açısından dezavantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

Aydın ve Kara (2006)'da yaptığı çalışmada, KOS AAT'nin giriş ve çıkış atıksularının zehirlilik seviyelerinin belirlenebilmesi için *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite testi uygulanmıştır ve sonuçlar SKKY'ne göre deşarj standartlarını sağladığı görülmüştür. Aynı numune noktası için 15 yıl sonra yapılan bu çalışmada ise, *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite testinde değeri KOS AAT'nin çıkış atıksuyu, SKKY'de tabi olduğu deşarj standart değerini sağladığı görülmüştür.

Aydın ve ark. (2015)'te yaptığı bir başka çalışmada, *ThamnotoxFTM*, *Daphnia magna* (*DaphtoxFTM*) toksisite testlerinin, maliyet, iş yükü ve numune hacimleri açısından karşılaştırıldığında *Balık biyodeneyi* (ZSF) testine göre avantajlı olduğuna değinmiştir. Sponza (2006), yaptığı çalışmada kimyasal boya üretiminden kaynaklanan atıksuyun toksisitesini; *Protozoa* (*Vorticella campanula*), *alg* (*Chlorella vulgaris*), *balık* (*lepidistes- Poecilia reticulata*) ve *bakteriler* (*koliform- Escherichia coli* ve *floc- Zoogloea ramigera*) test organizmalarını kullanarak değerlendirmiş ve sonuçta bakteri ve balık organizmalarının en hassas organizmalar olduğunu görmüştür. Yapılan çalışma ile *Balık biyodeneyi* (ZSF) toksisite testinin, numune hacimlerinin fazla olması, kalifiyeli eleman gerektirmesi, özel ekipmanlara ihtiyaç duyulması ve iş yükü açısından dezavantajlara sahip olduğu görülmüştür.

Çalışmanın sonucunda, hassasiyet dereceleri göz önüne alındığında atıksuların toksik etkilerinin belirlenmesinde kullanılabilecek üç toksisite testi içerisinde en hassas test yönteminin; bakterilerin kullanıldığı *Vibrio fischeri* toksisite test yönteminin olduğu görülmüştür. Kullanılabilecek en uygun ve etkili test yönteminin *Vibrio Fischeri* test yönteminin olduğu ancak maliyeti en yüksek test yöntemi olması yönü ile dezavantajlı olduğu görülmüştür. Kullanılan toksisite test yöntemleri içerisinde maliyeti en düşük olan *Lepidium sativum* olduğu görülmüştür. *Balık Biyodeneyi (ZSF)* testinin ise en az hassasiyete sahip olduğu görülmüştür ve kalifiyeli eleman gerektirmesi, numune hacimlerinin fazla olması, özel ekipmanlara ihtiyaç duyulması ve iş yükü açısından dezavantajlara sahip olduğu görülmüştür.



5.2. Öneriler

Endüstrilerde çeşitli üretim ve faaliyetleri sonucunda açığa çıkan atıksular, üretime bağlı olarak farklı kimyasal maddeler içermektedir. Bu atıksuların arıtılmadan direkt olarak alıcı ortama verilmesi sucul canlıların ekolojik faaliyetlerini kısıtlamakta ve yüzey sularının kalitesini bozmaktadır. Suyun vazgeçilemez bir kaynak olduğu düşünüldüğünde, çeşitli kullanımlar sonucunda oluşan evsel ve endüstriyel atıksuların uygun arıtma teknolojileri ile arıtılarak deşarj edilmesi son derece önemlidir.

Dünya çapında tonlarca ilaç üretilmektedir. Üretilen bu ilaçların tedavi edici özelliklerinin olmasına rağmen, aynı özellikler kara ve su ekosistemleri için toksik etkilere sebep olmaktadır. Üretilen bu ilaçların ve bazı kirleticilerin çevresel ortamda sürekli birikimi, atıksulardaki toksik etkinin artmasına neden olmaktadır. Bu husus göz önüne alınarak, atıksularda toksikolojik çalışmaların yapılması, izlenmesi ve bu etkilerin incelenmesi gerekmektedir. İncelenen literatür çalışmaları ve yapılan çalışmada da görüldüğü üzere toksisite çalışmalarında yaygın olarak kullanılan testlerin, farklı hassasiyetlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışma ile *Balık biyodeneyi (ZSF)* toksisite testinin ülkemizde, belli sanayi sektörlerinin deşarj limitleri arasında yer aldığı ancak toksisite parametresi için farklı alternatif toksisite testlerinin de uygulanması önerilmektedir. Ayrıca atıksu arıtma tesislerinde ileri arıtma teknolojilerinin uygulanması, alıcı ortamdaki toksik etkilerin önlenmesi ve evsel/endüstriyel atıksu deşarjlarının kontrol altına alınabilmesi için umut verici test yöntemleri olan bakteri ve balık toksisite testlerinin geliştirilebilir olduğu vurgulanmaktadır.

KAYNAKLAR

- A. M. Deshpande ve Satyanarayan, S., 2011, Toxicity Evaluation Of Through Fish Bioassay Raw Bulk Drug Industry Wastewater After Electrochemical Treatment, *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng*, 8.
- Abbas, M., Adil, M., Ehtisham-Ul-Haque, S., Munir, B., Yameen, M., Ghaffar, A., Shar, G. A., Asif Tahir, M. ve Iqbal, M., 2018, *Vibrio fischeri* bioluminescence inhibition assay for ecotoxicity assessment: A review, *Sci Total Environ*, 626, 1295-1309.
- Arienzo, M., Christen, E. W. ve Quayle, W. C., 2009, Phytotoxicity testing of winery wastewater for constructed wetland treatment, *J Hazard Mater*, 169 (1-3), 94-99.
- Aslantürk, A. ve Çetinkaya, O., 2014, Potasyum Permanganatın (KMnO₄) *Lepistes* (*Poecilia reticulata*, Peters, 1859) Üzerine Akut Toksisitesi, *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1), 12-19.
- Aydın, E., 2005, Toxicity And Inhibition Evaluation Of Hazardous Wastes From Metal Finishing Processes To *Vibrio Fischeri*, *Istanbul Technical University Institute Of Science And Technology*.
- Aydın, M. E. ve Kara, G., 2006, Organize Sanayi Atıksularının Zehirliliği, *Selçuk Üniversitesi Müh-Mim. Fakültesi. Dergisi*, 21.
- Aydın, M. E., Aydın, S., Tongur, S., Kara, G., Kolb, M. ve Bahadır, M., 2015, Application of simple and low-cost toxicity tests for ecotoxicological assessment of industrial wastewaters, *Environ Technol*, 36 (22), 2825-2834.
- Babic, S., Malev, O., Pflieger, M., Lebedev, A. T., Mazur, D. M., Kuzic, A., Coz-Rakovac, R. ve Trebse, P., 2019, Toxicity evaluation of olive oil mill wastewater and its polar fraction using multiple whole-organism bioassays, *Sci Total Environ*, 686, 903-914.
- Bahadır, E. B., 2012, Tekstil Endüstrisi Arıtılmış Atıksularında Renk ve Öncelikli Kirleticilerin Ozon Teknolojisi İle Gideriminin Araştırılması, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 140.
- Bahadır, E. B. ve Pagano, S. M., 2013, Türkiye’de Endüstriyel Atıksularda Toksisite İzleme Yönteminin Atıksu Parametreleri İle İstatistiksel İlişkilendirilmesi, *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 1-8.
- Barceló, D., Žonja, B. ve Ginebreda, A., 2020, Toxicity tests in wastewater and drinking water treatment processes: A complementary assessment tool to be on your radar, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8 (5).
- Castro, A. M., Nogueira, V., Lopes, I., Rocha-Santos, T. ve Pereira, R., 2019, Evaluation of the Potential Toxicity of Effluents from the Textile Industry before and after Treatment, *Applied Sciences*, 9 (18).

- Chavan, D. M., Thacker, D. N. P. ve Tarar, D. J. L., 2016, Toxicity Evaluation of Pesticide Industry Wastewater through Fish Bioassay, *IRA-International Journal of Applied Sciences (ISSN 2455-4499)*, 3 (3).
- Doğan, N., Yazıcı, Z. ve Şişman, T., 2011, Lepistes Balığının Karaciğeri Üzerine Fenpiroksimat Akarisiti'nin Biyokimyasal Etkileri, *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi* 13(1), 1-8.
- Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, <https://cevre.deu.edu.tr/tr/laboratuvarlar/mikrobiyoloji-laboratuvari/> [Ziyaret Tarihi: 19 Ağustos 2020].
- Erbe, M. C., Ramsdorf, W. A., Vicari, T. ve Cestari, M. M., 2011, Toxicity evaluation of water samples collected near a hospital waste landfill through bioassays of genotoxicity piscine micronucleus test and comet assay in fish *Astyanax* and ecotoxicity *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna*, *Ecotoxicology*, 20 (2), 320-328.
- Eriksson, E., Baun, A., Henze, M. ve Ledin, A., 2006, Phytotoxicity of grey wastewater evaluated by toxicity tests, *Urban Water Journal*, 3 (1), 13-20.
- Escher, B. I., Baumgartner, R., Koller, M., Treyer, K., Lienert, J. ve McArdell, C. S., 2011, Environmental toxicology and risk assessment of pharmaceuticals from hospital wastewater, *Water Res*, 45 (1), 75-92.
- Farre, M., Asperger, D., Kantiani, L., Gonzalez, S., Petrovic, M. ve Barcelo, D., 2008, Assessment of the acute toxicity of triclosan and methyl triclosan in wastewater based on the bioluminescence inhibition of *Vibrio fischeri*, *Anal Bioanal Chem*, 390 (8), 1999-2007.
- Filazi, A., Dikmen, B. Y. ve Kuzukıran, Ö., 2016, Balık Toksikolojisi, *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics*, 2(1), 69-84.
- Gholami-Borujeni, F., Nejatzadeh-Barandozi, F. ve Aghdasi, H., 2018, Data on effluent toxicity and physicochemical parameters of municipal wastewater treatment plant using *Daphnia Magna*, *Data Brief*, 19, 1837-1843.
- Gök, O. ve Sponza, D., 2010, Petrokimya endüstrisinde aerobik koşullarda PAH ve toksisite giderimi, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 10 (2), 25-36.
- Göksu, M. Z., Manaşırılı, M. ve Azgın, C., 2015, Lambda-Cyhalothrin Ve Cypermethrin İnsektisitleri'nin *Oreochromis niloticus* (L.,1754) Yavruları Üzerine Akut Toksik Etkisinin Araştırılması (Biyodeney), *Yunus Araştırma Bülteni*, 15 (1), 23-23.
- Güner, U., 2017, Yavru Sazanlarda (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) α – Cypermethrin'in Akut Toksik Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(2), 173-178.
- Güner, U., 2020, Acute Toxicity (LC50) Of Cyhalofop Butyl on *Gambusia Holbrooki*, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2394-2399.

- Han, X., Zuo, Y. T., Hu, Y., Zhang, J., Zhou, M. X., Chen, M., Tang, F., Lu, W. Q. ve Liu, A. L., 2018, Investigating the performance of three modified activated sludge processes treating municipal wastewater in organic pollutants removal and toxicity reduction, *Ecotoxicol Environ Saf*, 148, 729-737.
- Hernando, M. D., Fernandez-Alba, A. R., Tauler, R. ve Barcelo, D., 2005, Toxicity assays applied to wastewater treatment, *Talanta*, 65 (2), 358-366.
- Huang, M.-H., Li, Y.-M. ve Gu, G.-W., 2010, Toxicity Reduction of Municipal Wastewater by Anaerobic-anoxic-oxic Process, *Biomedical and Environmental Sciences*, 23 (6), 481-486.
- İleri, S. ve Karaer, F., 2011, Tekstil İşletmesi Atıksularında Fenton Prosesi İle Akut Toksisite Giderimi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16 (2).
- Kaptan, D., 2002, Tekstil Endüstrisi Atıksularında Toksisite Giderilmesi *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Karamete, T., 2008, Konya Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Sularının Toksisitesinin Değerlendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 68.
- Kaur, R. ve Dua, A., 2015, 96 h LC50, behavioural alterations and histopathological effects due to wastewater toxicity in a freshwater fish *Channa punctatus*, *Environ Sci Pollut Res Int*, 22 (7), 5100-5110.
- M. Gutierrez, J. Etxebarria ve Fuentes, L. d. l., 2002, Evaluation of wastewater toxicity: comparative study between Microtox and activated sludge oxygen uptake inhibition, *Water Research*, 36, 919-924.
- Ökten, S., 2012, Konya Havzasında Su Yönetimi Konusunda Önemli Duraklar, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 3 (6), 73-92.
- Özcan, Z. ve Tongur, S., 2019, Pestisitlerin Toksisitesinin *Lepidium Sativum* Test Moduyla Çevre ve İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 144-150.
- Özkovalak, N., 2005, Interactions between azo dyes and selenium in their toxicity to *Dunaliella tritiolecta* and *Vibrio fischeri*, *Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü*, 125.
- Parvez, S., Venkataraman, C. ve Mukherji, S., 2006, A review on advantages of implementing luminescence inhibition test (*Vibrio fischeri*) for acute toxicity prediction of chemicals, *Environ Int*, 32 (2), 265-268.
- Persoone, G. ve Janssen, C. R., 1993, Freshwater Invertebrate Toxicity Test, *Handbook of Ecotoxicology*, 51-65.

- Persoon, G., 2010, Toxicity Analysis Of Water And Wastewater With Practical And Low Cost Microbiotests, *International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium*, 435-444.
- Priac, A., Badot, P. M. ve Crini, G., 2017, Treated wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa*: Focus on germination and root elongation test parameters, *C R Biol*, 340 (3), 188-194.
- Rodríguez-Loaiza, Ramírez-Henao ve Peñuela-Mesa, 2016, Assessment of toxicity in industrial wastewater treated by biological processes using luminescent bacteria, *Actualidades Biológicas*, 38, 211-216.
- S.G. Gündüz, Ferbal Özkan Yılmaz ve Baştürk, Ö., 2012, Chlorpyrifosun *Cyprinus carpio* (L., 1758) Üzerine Akut Toksisitesi, *Yunus Araştırma Bülteni*, 8-12.
- Sarıgül, Z., 2007, Herbisit Glifosatın *Daphnia Spp.* Üzerine Akut Toksisitesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Saygı, Ş., 2003, Deneysel Toksikolojide Toksisite Testleri ve Test Sonuçlarının Önemi, *Gülhane Tıp Dergisi*, 291-298.
- Selvi, M., Rabia Sarıkaya ve Erkoç, F., 2004, Acute Behavioral Changes In The Guppy (*Poecilia Reticulata*) Exposed To Temephos, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17(4), 15-19.
- Sponza, D. T., 2003, Application of toxicity tests into discharges of the pulp-paper industry in Turkey, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74-86.
- Sponza, D. T., 2006, Toxicity studies in a chemical dye production industry in Turkey, *J Hazard Mater*, 138 (3), 438-447.
- Sultana, T., Siddique, A., Sultana, S., Mahboob, S., Al-Ghanim, K. ve Ahmed, Z., 2017, Fish scales as a non-lethal tool of the toxicity of wastewater from the River Chenab, *Environ Sci Pollut Res Int*, 24 (3), 2464-2475.
- SKKY, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004. Sayı: 25687, Mevzuat Bilgi Sistemi, Ankara.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma Ve Analiz Metodları Tebliği, 10.10.2009. Sayı: 27372, Mevzuat Bilgi Sistemi, Ankara.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Konya Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019, Konya İl Sanayi Durum Raporu, 17.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018, Konya Organize Sanayi Bölgesi, <https://www.kos.org.tr/> [Ziyaret Tarihi: 1 Haziran 2020].

- Tongur, S., Yıldırım, R. ve Yıldız, S., 2019, Bazı İlaç Gruplarının Su Ortamına Olan Etkilerinin Akut Toksisite Testleri ile Değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 71-75.
- Tongur, S. ve Yıldız, S., 2020, Toxicological evaluation of carbamazepine active pharmaceutical ingredient with *Lepidium sativum*, *Daphnia magna* and *Vibrio fischeri* toxicity test methods, *Desalination and Water Treatment*, 201, 438-442.
- Tongur S., Yıldız S., Ünal A., Atalay K. ve M., Y., 2017, Toxicity Assessment Of Analgesics By *Lepidium Sativum* Toxicity Test Method, *Digital Proceeding of ICOCEE CAPPADOCIA2017*, Nevsehir, Turkey.
- Türkmen, G. ve Alpbaz, A., 2001, Türkiye'ye İthal Edilen Akvaryum Balıkları ve Sonuçları Üzerine Araştırmalar, *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi*, 18 (3-4), 483-493.
- Türkmen, G. ve Karadal, O., 2017, Farklı açlık tokluk besleme döngülerinin lepistes (*Poecilia reticulata*) balıklarında cinsiyete göre büyüme performansı ve maliyet üzerine etkileri, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34 (4), 423-430.
- Valitalo, P., Massei, R., Heiskanen, I., Behnisch, P., Brack, W., Tindall, A. J., Du Pasquier, D., Kuster, E., Mikola, A., Schulze, T. ve Sillanpää, M., 2017, Effect-based assessment of toxicity removal during wastewater treatment, *Water Res*, 126, 153-163.
- Verep, B. ve Yıldırım, H., 2020, A Research on Acute Toxic Effects of Some Herbicides on Guppies, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5 (1), 106-114.
- Yıldırım, R., 2015, Antibiyotik İlaçların Su Ortamına Olan Etkilerinin Akut Toksisite Testleri Yardımıyla Değerlendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 82.
- Yıldız, S., 2018, Bazı İlaç Gruplarının Su Ortamına Olan Etkilerinin Akut Toksisite Testleri İle Değerlendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 69.
- Yu, X., Zuo, J., Li, R., Gan, L., Li, Z. ve Zhang, F., 2014a, A combined evaluation of the characteristics and acute toxicity of antibiotic wastewater, *Ecotoxicol Environ Saf*, 106, 40-45.
- Yu, X., Zuo, J., Tang, X., Li, R., Li, Z. ve Zhang, F., 2014b, Toxicity evaluation of pharmaceutical wastewaters using the alga *Scenedesmus obliquus* and the bacterium *Vibrio fischeri*, *J Hazard Mater*, 266, 68-74.
- Yu, Y., Wu, B., Jiang, L., Zhang, X. X., Ren, H. Q. ve Li, M., 2019, Comparative analysis of toxicity reduction of wastewater in twelve industrial park wastewater treatment plants based on battery of toxicity assays, *Sci Rep*, 9 (1), 3751.

- Zeyad, M. T., Kumar, M. ve Malik, A., 2019, Mutagenicity, genotoxicity and oxidative stress induced by pesticide industry wastewater using bacterial and plant bioassays, *Biotechnol Rep (Amst)*, 24, e00389.
- Zhang, J., Zhang, Y., Liu, W., Quan, X., Chen, S., Zhao, H., Jin, Y. ve Zhang, W., 2013, Evaluation of removal efficiency for acute toxicity and genotoxicity on zebrafish in anoxic-oxic process from selected municipal wastewater treatment plants, *Chemosphere*, 90 (11), 2662-2666.



SKEOTED 100																							
Sample 1																							
Root length	4	4,6	2,6	2,3	3	2,6	4,5	3	3,6	3	3,3	5,5	2,6	2,6	3	2	2,2	2	4	4,6	3,25	0,96	29,66
Hypokotyl lengt	2,7	3,7	2,5	3,2	3,5	3,2	3,2	3,8	3,5	3,1	3,4	4,6	2	2,1	2	1,5	2,5	1,5	2,7	3,7	2,91	0,82	28,25
Sample 2																							
Root length	5	3,5	3,5	4,5	2,9	4,5	3,5	3	2,5	2,5	2,9	3,1	2	2,5	3	2,9	1,1	5	3,5	3,5	3,23	0,95	29,52
Hypokotyl lengt	3	3	2,6	3,2	2,4	2,5	1,5	2,6	2	2,6	1,5	2,7	1,5	1	2	1,8	1,2	3	3	2,6	2,27	0,67	29,56
Sample 3																							
Root length	1,1	1,7	3,2	2,7	3,9	3	3,1	5,2	5,1	3,5	3,6	3	3,9	3,6	3	3	3,4	3,5	2,1	1,7	3,17	0,99	31,25
Hypokotyl lengt	3	3,4	2,5	4,2	3,6	2,3	4,2	4,6	4,6	3,1	3,1	2,5	3,2	1,4	3	2,1	2,2	1,8	3	3,4	3,05	0,87	28,55
				S1	S2	S3																	
Mean Root Length				3,25	3,23	3,17															3,22		-4,30
Mean Hypokotyl Length				2,91	2,27	3,05															2,74		-15,41

DILUTED 1:25

Diluted 1:25																							MW	STD DEV	VAR KOE	Inhibition
Sample 1																							[cm]	[cm]		[%]
Root length	4	4,1	5,2	4	5,5	4,5	4,6	5,4	4,5	3	2,5	2,4	2,6	2,5	2	2,6	2,5	4	4,1	5,2	3,76	1,12	29,76			
Hypokotyl length	4,2	4,2	3,5	3,6	4,5	1,9	2	4,2	2,5	3,1	2,5	2,2	2,3	2,7	2	2,1	2	4,2	4,2	3,5	3,08	0,91	29,55			
Sample 2																										
Root length	6,5	3,2	4	4,9	3	5,7	7,1	5,6	3,9	5	3,6	3	3,2	3,4	4	3,1	3,9	6,5	3,2	4	4,34	1,27	29,36			
Hypokotyl length	5,1	4,5	3,7	5,5	2,9	4,6	4,7	3,3	2,3	3,7	3,1	2,8	2,5	2	4	3,4	3,9	5,1	4,5	3,7	3,75	0,96	25,71			
Sample 3																										
Root length	6,2	4,5	2,7	5,1	3,1	4,7	4,7	5,2	5	4,5	6	3,3	3,1	3,2	3	2,8	3	6,2	4,5	2,7	4,16	1,21	29,04			
Hypokotyl length	4,7	4,2	4,2	2,6	3	2,5	4,2	4,7	3,9	2,2	4,3	3	2,6	2,4	2	2,3	2,5	4,7	4,2	4,2	3,42	0,95	27,86			
				S1	S2	S3																				
Mean Root Length				3,76	4,34	4,16															4,08			-32,40		
Mean Hypokotyl Length				3,08	3,75	3,42															3,42			-43,91		

DILUTED 1:12,5

Sample 1																									
Root length	5,7	4,5	6	8,5	5,1	6,5	4,5	6	5	4,1	3,3	2	4,7	3,5	4	3	4	5,7	4,5	6		4,81	1,43	29,71	
Hypokotyl length	4,6	3,6	3,7	5,5	3,6	4	3,7	5,2	3,9	3,7	1,7	2,7	3,6	1,5	3	2,3	3,5	4,6	3,6	3,7		3,57	0,99	27,86	
Sample 2																									
Root length	4,9	4,6	5,2	5,1	4,6	5,5	3,7	3,4	2,8	2,6	4,3	4,6	4,8	2,6	2	3	2	2,3	3,2	3,4		3,75	1,09	29,13	
Hypokotyl length	4,2	3,2	5	4	3,3	4	3,3	2,7	3,6	3,7	2,7	3	3,1	2,1	2	3,5	3,3	2,5	2	2,7		3,20	0,76	23,66	
Sample 3																									
Root length	3,5	3,3	2,7	3,6	5	4,7	2,5	3,2	2,1	2,6	2,9	2,5	2,1	2,1	3	2,2	2,7	2,5	3,5	3,3		2,99	0,78	26,19	
Hypokotyl length	4,2	3,5	4,3	3,5	4,5	3,1	3,5	2,3	2,1	2	2,1	2,9	2	2,2	2	2	2,8	2,7	4,2	3,5		2,98	0,85	28,64	
				S1	S2	S3																			
Mean Root Length				4,81	3,75	2,99																3,85			-24,67
Mean Hypokotyl Length				3,57	3,20	2,98																3,25			-36,75

DILUTED 1:6,25

Sample 1																				MW	STD DEV	VAR KOE	Inhibition	
Root length	6,2	3,5	6,1	3,2	6	7,4	6,4	4	6,7	6,5	5,2	4,3	3	5	7	4,9	4,5	3,7	2,5	3	4,96	1,48	29,83	
Hypokotyl length	3,6	2,5	3,7	3	4,3	4,7	4,6	4,2	4,8	2,6	2,4	3,1	1,3	3,7	4	3,5	3,4	2	2,5	2,2	3,29	0,95	28,79	
Sample 2																								
Root length	5,5	6,3	5,6	5,5	6	2,5	6	5,6	5,5	5,4	5,7	3,5	4,6	5	3	3,5	3,2	3	2,4	2,7	4,53	1,33	29,44	
Hypokotyl length	4,1	4,8	3,8	4,2	2,7	2,5	4	2,3	3,6	4,1	4	1,6	4	2,5	3	2,6	1,4	2,8	2,8	2,5	3,15	0,92	29,12	
Sample 3																								
Root length	6,5	5,5	6	5,4	5,5	6	6,6	5	4,9	4,3	2,8	3,5	4,6	3	4	3	2,5	3,6	3	6,5	4,60	1,34	29,23	
Hypokotyl length	5	5	3,7	4,8	4,1	4,5	2,6	3,2	2,7	2,5	2,4	4,3	2,9	3	2	1,9	2,6	2,7	2,6	5	3,40	1,02	29,93	

DILUTED 1:12.5

DILUTED 1:6,25

SLOPED 10,20																									
																						MW [cm]	STD DEV [cm]	VAR KOE	Inhibition [%]
Sample 1																									
Root length	4,5	5	2,7	4,1	2,7	3,7	4	5	3,3	2,5	4,1	4,5	2,5	2,2	4	3,4	2,7	2,3	4,5	5	3,65	0,95	26,03		
Hypokotyl length	3,1	2,6	3,6	2,6	1,5	3,5	3	3,2	1,7	2	3,6	2,7	3,6	2,2	3	1,3	2,2	1,3	3,1	2,6	2,60	0,74	28,42		
Sample 2																									
Root length	4,3	3,7	3,3	2,9	4,4	2,9	1,9	4,7	3,7	2,6	5	4,2	3,3	1,9	2	2,1	3,1	2,5	4,3	3,7	3,31	0,97	29,26		
Hypokotyl length	3	3,5	2,2	2,2	3,4	3,4	1,7	2,2	2,8	1,8	2,8	2,3	1,5	1,1	2	1,7	2,2	1,7	3	3,5	2,40	0,71	29,83		
Sample 3																									
Root length	4,8	3,1	4,8	4	3,8	4,5	3	2,3	1,2	5,2	2,5	3	3,3	2,4	3	2,8	2,7	3,6	4,8	3,2	3,40	1,01	29,57		
Hypokotyl length	2,9	1,7	3,6	3,1	3,6	3,2	3,2	1,2	1,6	3,8	2,1	2,9	2,7	2	3	1,7	2,5	2,4	2,9	1,7	2,57	0,73	28,49		
				S1	S2	S3																			
Mean Root Length				3,65	3,31	3,40															3,45			7,46	
Mean Hypokotyl Length				2,60	2,40	2,57															2,52			14,76	

Sample 1																							
Root length	3	2,2	1,5	1,1	2,5	2,1	2,6	1,1	1,5	1,6	2	1,3	2	2,1	2	2	2,4	3	2,2	1,5	2,01	0,55	27,43
Hypokotyl length	3,9	3,5	2,6	3,6	3	2,6	3,1	1,1	2,7	1,5	1,1	2,6	2,9	3,4	3	3,5	2	3,9	3,5	2,6	2,78	0,82	29,43
Sample 2																							
Root length	1	1,7	1,9	1,6	1,6	1,4	1,9	1	1,7	1,8	1,6	1	1,3	1,1	1	0,5	0,9	1	1	1,7	1,34	0,39	29,04
Hypokotyl length	1,6	3,2	3,8	2,1	3,1	3,4	3,3	2,1	2,6	2,1	2,4	2,2	2,6	2	2	2,9	1	2	1,6	3,2	2,47	0,70	28,32
Sample 3																							
Root length	1,5	2	2,5	2	1,3	1,5	1	1,3	1,6	1,5	1,4	1,5	1,7	1,9	2	1,6	1,6	1	1,5	2	1,60	0,35	21,67
Hypokotyl length	3,1	2,7	2,4	3,2	2,9	3,6	3,1	2,6	1,5	2,6	3,4	1,1	2,7	1,5	2	2,3	1,5	2,3	3,1	2,7	2,51	0,69	27,41
				S1	S2	S3																	
Mean Root Length				2,01	1,34	1,60															1,65		46,61
Mean Hypokotyl Length				2,78	2,47	2,51															2,58		-8,8

DILUTED 1:25

Sample 1																					MW [cm]	STD DEV [cm]	VAR KOE	Inhibition [%]
Root length	2,4	1,4	3	2,2	2,6	2,4	2,7	1,9	3	1	2,1	1,7	1,2	2	2	2,3	1,3	2,9	2,4	1,4	2,11	0,59	28,20	
Hypokotyl length	3,1	3,2	3,1	2,7	3,2	2,4	2,9	2,2	3,1	1,4	2,6	1	1	2,1	2	3	3,1	3	3,1	3,2	2,56	0,72	28,13	
Sample 2																								
Root length	3	2,9	2,4	3,5	2,5	1,2	1,5	3,6	1	2,4	2	2	1,9	1,8	3	2	2,8	3	2,9	2,4	2,39	0,69	29,03	
Hypokotyl length	3,6	3,7	2	4	3,5	2	2,3	4,2	2,6	1,6	2,2	1,5	3,3	2,2	3	2	3,6	3,6	3,7	2	2,82	0,85	30,13	
Sample 3																								
Root length	4,5	2,6	2	3	2,5	4,3	1,8	2,5	2,5	2,6	2,3	2,7	2	2,3	2	2	2,5	4,5	2,6	2	2,67	0,80	29,95	
Hypokotyl length	4,1	3,2	2,1	4	3,5	4,2	3,4	3,2	1,1	1,7	2,7	2,6	2,5	2,6	2	2,2	2	4,1	3,2	2,1	2,85	0,85	29,92	
				S1	S2	S3																		
Mean Root Length				2,11	2,39	2,67															2,39			22,67
Mean Hypokotyl Length				2,56	2,82	2,85															2,74			-15,41

DILUTED 1:12,5

Sample 1																								
Root length	1,5	1,4	1,5	2,2	1	1	2,4	1	1,2	2,3	1,5	2,1	2	1,7	1	0,9	1,1	1,5	1,5	1,4	1,52	0,45	29,98	
Hypokotyl length	2,9	3,2	2	3,1	1,5	1,4	3	2,8	3	3	2,9	2,6	2,9	2,1	3	1,6	2,1	1,4	2,9	3,2	2,54	0,63	24,90	
Sample 2																								
Root length	3,8	3,5	3	2,9	2,7	1,5	3,2	3,5	2,5	2,1	2	1,3	1,8	2	4	3,4	2,9	3,8	3,5	3	2,81	0,77	27,28	
Hypokotyl length	3,2	2,5	4	3,1	1,5	3,5	3,1	3,7	1,7	2,4	2,2	2	2,9	1,1	3	2,4	3,9	3,2	2,5	4	2,80	0,81	29,10	
Sample 3																								
Root length	4,5	3,9	2,9	3	3,2	3	3,2	3,1	2,4	2	2,6	1,8	3,4	2	2	2,8	2	4,5	3,9	2,9	2,96	0,79	26,59	
Hypokotyl length	3,6	3,8	3	3,5	4	3,1	3	3,6	2,7	3	3,2	1,2	2,6	2,9	1	2,5	2	3,6	3,8	3	2,96	0,79	26,61	
				S1	S2	S3																		
Mean Root Length				1,52	2,81	2,96															2,43			21,37
Mean Hypokotyl Length				2,54	2,80	2,96															2,76			-16,39

DILUTED 1:6,25

Sample 1																					MW [cm]	STD DEV [cm]	VAR KOE	Inhibition [%]
Root length	4,5	4	2,2	3,6	3,3	1	3	2,9	3	3,7	3	2,3	2,8	1,6	2	3,5	3,2	4,5	4	2,2	3,02	0,90	29,90	
Hypokotyl length	3,5	3,1	1,5	3	2,6	2,6	2,5	2,4	1,5	2,7	4,5	2,6	2,7	1,7	2	2,9	2,5	3,5	3,1	1,5	2,60	0,76	29,16	
Sample 2																								
Root length	3,3	3,8	4,1	2,6	3	3,3	2,5	2,4	2,8	3	3	2,5	2,5	3	3	1,5	2,6	3,3	3,8	4,1	2,98	0,63	21,13	
Hypokotyl length	3,4	3,5	3,5	3,6	2,3	3,2	2,7	1	2,5	3,2	2,5	3,1	1,6	3,1	2	2,7	2,7	3,4	3,5	3,5	2,83	0,73	25,82	
Sample 3																								
Root length	4	4	3,5	3,5	2,7	3,1	3,5	3,5	1,5	3	2	2,2	3	2,1	3	3,1	2	1,5	4	4	2,94	0,81	27,71	
Hypokotyl length	3,4	3,3	2,7	4	2,5	2	3,3	3	1,6	4	1,8	1,2	2	2,3	3	2,1	2	2	3,4	3,3	2,65	0,79	29,71	
				S1	S2	S3																		
Mean Root Length				3,02	2,98	2,94															2,98			3,43
Mean Hypokotyl Length				2,60	2,83	2,65															2,69			-13,30

Sample 1																							
Root length	1,4	2	2,2	2	1,2	1	2	1,5	2,2	1	1,4	1	1,9	1	1	1,4	1,5	1,2	1	1	1,46	0,42	29,09
Hypokotyl length	3,6	3,2	3,7	3,5	2,7	2,8	3,2	2,6	3	2,5	2,6	2,7	2,4	1,3	2	1,7	1,2	1,5	2,7	1,9	2,54	0,72	28,48
Sample 2																							
Root length	1,3	1,8	0,8	1,1	1,8	1,9	1	1,1	2,1	2,5	1	1,4	1,4	1,2	1	1,5	1,8	1	1,3	1,8	1,45	0,43	29,88
Hypokotyl length	2,9	3	2,9	2,8	2,6	2,4	3,2	2,4	3,7	3,4	1,5	1,2	1,3	1	3	2,6	2,4	3	2,9	3	2,55	0,73	28,46
Sample 3																							
Root length	1,5	1,1	1	1,4	1,6	1	0,8	0,7	1,2	1,4	1,3	1,7	1,8	1,4	1	0,5	1,2	1	1,5	1,1	1,19	0,35	29,58
Hypokotyl length	2,7	4	3,2	3,6	3	1,7	2	1,5	2,1	2,1	2,4	2	2,7	2,3	3	2,3	2	1,3	2	4	2,49	0,75	29,99
				S1	S2	S3																	
Mean Root Length				1,46	1,45	1,19															1,37		63,42
Mean Hypokotyl Length				2,54	2,55	2,49															2,53		14,65

DILUTED 1:25

SUGAR 1.25																									MW	STD DEV	VAR KOE	Inhibition
Sample 1																												
Root length	2	2,3	1,8	2,5	3	3,4	3,1	2,8	2	2,4	1,7	1,5	1,2	2,1	1	2,8	2,2	2	2,5	2	2,22	0,61	27,36					
Hypokotyl length	3,7	4	2,6	3,7	3,6	3,8	2,5	2,4	3,2	2,9	2,3	1,7	1,3	1,5	2	2,3	2,5	2,1	2,7	3,7	2,72	0,81	29,77					
Sample 2																												
Root length	3,5	1,8	2,4	2	2,1	2,2	1	1,6	1,3	2	2,2	2,5	2,1	2,9	2	2,6	2,5	3,5	1,8	2,4	2,22	0,61	27,31					
Hypokotyl length	3,8	3,2	3,6	3,7	3,8	3	2,8	2,7	2,6	1,7	1,8	1,8	2,7	1,2	1	2,8	2,6	3,8	3,2	3,6	2,79	0,81	29,20					
Sample 3																												
Root length	2	2,1	2	2,8	1,5	2	1,1	2,1	1,7	2,4	1,8	1	1,1	1,6	1	1,1	2	1,2	2,5	2	1,77	0,50	28,20					
Hypokotyl length	3,8	3,7	3,5	4,2	2,9	4	1,9	2,7	3,5	3	2,9	2,3	2,7	2,4	2	1,2	2,1	1,8	2,7	3,8	2,85	0,82	28,89					
				S1	S2	S3																						
Mean Root Length				2,22	2,22	1,77																			2,07			
Mean Hypokotyl Length				2,72	2,79	2,85																			2,78		44,57	

DILUTED 1:12.5

SLOTTED 1.12.0																								
Sample 1																								
Root length	2,5	3,4	2,2	3	1,8	2,5	1,6	2,4	1,5	1,4	2,5	2,7	2,8	2	2	2,3	1,4	1,4	2,5	3,4	2,28	0,61	26,73	
Hypokotyl length	4	3,3	2,8	2,6	2,8	2	1,8	1,8	2,6	1,3	2,4	2,6	2,9	2,5	3	2	1,2	2	4	3,3	2,53	0,74	29,39	
Sample 2																								
Root length	2,7	3,1	3,2	2	3,7	4,2	3,6	3,5	3,6	2,2	3	3,9	3,5	2,2	1	1,1	3,2	2,5	2,7	3,1	2,91	0,82	28,19	
Hypokotyl length	3,4	3,6	2,4	3,5	4,1	4,1	3,3	4,1	4,1	2	3,6	3,1	3,8	2	1	1,1	3	2,8	3,4	3,6	3,10	0,92	29,78	
Sample 3																								
Root length	4,3	3	2,5	2,8	3,7	4,5	2	3	3,2	1,5	4	2,2	3,7	2,4	3	1,2	3	4,3	3	2,5	2,98	0,89	29,84	
Hypokotyl length	3,6	3,5	4,3	3,1	3,8	4,1	4	3,1	4,1	2,9	2,5	1,3	3	3,3	2	2,5	2,1	3,6	3,5	4,3	3,23	0,81	25,17	
				S1	S2	S3																		
Mean Root Length				2,28	2,91	2,98															2,72		27,11	
Mean Hypokotyl Length				2,53	3,10	3,23															2,95		0,28	

DILUTED 1:6.25

																					MW [cm]	STD DEV [cm]	VAR KOE	Inhibition [%]
Sample 1																								
Root length	4,7	3,6	3,6	2,8	4,9	4,1	4,5	3,5	5,2	3,6	4,3	2,8	3,5	3	5	2,6	4,7	3,6	3,6	2,8	3,80	0,77	20,14	
Hypokotyl length	3,2	2,5	3,8	2,7	3,5	3,1	2,8	3,7	3,5	2,2	3,2	1,3	2,5	1,6	3	2,5	3,2	2,5	3,8	2,7	2,87	0,66	23,08	
Sample 2																								
Root length	4,2	4,3	2	5	3,2	2,8	2,4	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,9	2,7	2	3,2	3,1	2	4,2	4,3	3,01	0,89	29,49	
Hypokotyl length	3,3	3,5	2,2	3,5	3,1	2,2	2,1	2,2	1,7	1,5	1,6	1	2,5	2,6	2	2,5	2,6	2	3,3	3,5	2,45	0,72	29,25	
Sample 3																								
Root length	2,3	3,3	4,4	3,5	3,7	3,5	3,2	2,2	3,2	2,1	4,1	3,3	4,2	2,7	2	2,2	3,3	3	2,3	3,3	3,09	0,71	22,93	
Hypokotyl length	2,8	2	3,1	3,4	3,5	2,2	2,6	2,9	2,8	1,7	3,2	2,1	2,9	1,4	1	2,7	2	2,1	2,8	2	2,47	0,64	26,05	
				S1	S2	S3																		
Mean Root Length				3,80	3,01	3,09															3,30			11,57
Mean Hypokotyl Length				2,87	2,45	2,47															2,59			12,39